

**INCIDENCIA DE LA COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA EN EL
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN EN
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**

OSCAR FABIÁN CABRERA SANTACRUZ

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI**

2013

**INCIDENCIA DE LA COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA EN EL
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN EN
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**

OSCAR FABIÁN CABRERA SANTACRUZ

Trabajo de Grado para optar el título de Magister en Ingeniería con énfasis en
Ingeniería Civil

Director

Harold Cárdenas Ordóñez, M.Sc.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI**

2013

Nota de Aceptación

Firma del Director del Trabajo de Grado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali, 15 de mayo de 2014.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos, a todo el cuerpo de docentes y al personal directivo de la Escuela de Ingeniería Civil y Geomática; por su dedicación, su valioso aporte de conocimientos brindada para mi formación profesional y personal.

Igualmente mi agradecimiento especial a la Universidad del Valle, al Instituto Colombiano de Geología y Minería “INGEOMINAS” quién, a través de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia, nos facilitó gran parte de los registros sísmicos de Colombia; información muy valiosa para tratar de comprender los sismos y como atenuar sus efectos a nivel estructural y a KINEMATRICS por permitirnos el uso de su software para procesar la información de los registros sísmicos.

Un reconocimiento al Ing. Harold Cárdenas, M. Sc., por su acompañamiento como Director del presente Trabajo de Grado.

A mi familia, mil gracias por su paciencia y consideración, debido a mi ausencia necesaria, en las diferentes facetas que nos unen; para poder cumplir con esta meta.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA.....	14
1.1. ANTECEDENTES.....	14
1.2. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS REGISTROS SÍSMICOS	17
1.3. CORRELACIÓN DE LA COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA	488
1.4. COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA ADOPTADA POR LAS NORMAS Y CÓDIGOS DE OTROS PAÍSES	488
2. MODELACIÓN	533
2.1. ESPECIFICACIONES.....	533
2.2. MODELACIÓN.....	56
2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	59
3. CONCLUSIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	95

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Relaciones V/H Propuestos.....	15
Tabla 2. Relaciones V/H in the 6 April 2009 L'Aquila (Italy) earthquake.....	16
Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009].....	18-28
Tabla 4. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009].....	29-34
Tabla 5. Acelerogramas Registrados del Sismo en Cimitarra (Santander).....	35
Tabla 6. Acelerogramas Registrados del Sismo en Armenia (Quindío).....	38
Tabla 7. Acelerogramas Registrados del Sismo en el Oceano Pacífico (Colombia).....	42-43
Tabla 8. Acelerogramas Registrados del Sismo en Toro (Valle).....	45-46
Tabla 9. Eventos Sísmicos Importantes a Nivel Mundial.....	47
Tabla 10. Resumen comparativo sobre las consideraciones reglamentarias para la componente sísmica vertical en códigos sísmicos mundiales.....	49-51
Tabla 11. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	60
Tabla 12. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	61
Tabla 13. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 5 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	62
Tabla 14. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 5 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	63
Tabla 15. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	64-65
Tabla 16. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	66-67

Tabla 17. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	68-70
Tabla 18. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	71-73
Tabla 19. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	74
Tabla 20. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	75
Tabla 21. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 5 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	76
Tabla 22. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 5 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	77
Tabla 23. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	78-79
Tabla 24. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	80-81
Tabla 25. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	82-84
Tabla 26. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.....	85-87

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Fig. 1. Definición de la deriva (NSR10).....	14
Fig. 2. Relación de Aceleración Vertical/Horizontal en función de la distancia epicentral para las estaciones de registro (izquierda) e intervalo de tiempo entre picos para las estaciones de registro (derecha) del sismo de L'Aquila del 6 de abril de 2009 (hasta 150km de distancia de la falla)...	16
Fig. 3. Registros sísmicos de Aceleración del suelo [cm/seg ²] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor y la componente vertical S_a [cm/seg ²] vs Periodo T [seg] del sismo de Cimitarra del 8 de marzo de 1998.....	35
Fig. 4. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg ²] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones picos del espectro de respuesta con la NSR10 $V/H=2/3$ vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo de Cimitarra del 8 de marzo de 1998.....	36
Fig. 5. Espectros de respuesta H y V [cm/seg ²] vs T [seg] y Relación espectral V/H vs T [seg]; del sismo de Cimitarra del 8 de marzo de 1998.....	37
Fig. 6. Registros sísmicos de Aceleración del suelo [cm/seg ²] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor y la componente vertical S_a [cm/seg ²] vs Periodo T [seg] del sismo de Armenia del 25 de enero de 1999.....	39
Fig. 7. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg ²] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones picos del espectro de respuesta con la NSR10 $V/H=2/3$ vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo de Armenia del 25 de enero de 1999.....	40
Fig. 8. Espectros de respuesta H y V [cm/seg ²] vs T [seg] y Relación espectral V/H vs T [seg]; del sismo de Armenia del 25 de enero de 1999.....	41
Fig. 9. Registros sísmicos de Aceleración del suelo [cm/seg ²] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor y la componente vertical S_a [cm/seg ²] vs Periodo T [seg] del sismo del Oceano Pacífico del 15 de noviembre de 2004.....	43

Fig. 10. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg ²] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones picos del espectro de respuesta con la NSR10 V/H=2/3 vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo del Oceano Pacífico del 15 de noviembre de 2004.....	44
Fig. 11. Espectros de respuesta H y V [cm/seg ²] vs T [seg] y Relación espectral V/H vs T [seg]; del sismo del Océano Pacífico del 15 de noviembre de 2004.....	44-45
Fig. 12. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg ²] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones pico del espectro de respuesta con la NSR10 V/H=2/3 vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo de Toro (Valle) del 8 de marzo de 2005.....	46-47
Fig. 13. Grafico de los edificios a analizar de 3, 5, 10 y 15 pisos; en 3D y planta tipo de la edificación y etiquetas de los muros.....	53-55
Fig. 14. Espectro	56
Fig. 15. Ejes locales, del programa ETABS, para elementos de área tipo shell.....	59

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Gráficos de los registros sísmicos de aceleración del suelo [cm/seg ²] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor y la componente vertical S_a [cm/seg ²] vs Periodo T [seg]	95
Anexo B Programa de integración por el método de Duhamel en Matlab	114
Anexo C Gráficos de esfuerzos	118

RESUMEN

La primera parte del presente trabajo evalúa y selecciona algunos de los registros sísmicos, más importantes ocurridos principalmente en Colombia, con el fin de establecer si existe o no correlación entre el valor de la componente vertical sísmica y la componente horizontal y presentar los criterios definidos por algunas de las normas y códigos a nivel mundial, referente a la consideración de la componente vertical de sismo. Posteriormente en la segunda parte se analizan cuatro modelos estándar de edificaciones, de 3, 5, 10 y 15 niveles, en mampostería estructural sin y bajo la acción de la componente vertical sísmica (**V**), siguiendo los lineamientos definidos en la normatividad vigente Colombiana NSR10; con el propósito de determinar la incidencia de **V** en la respuesta de los elementos estructurales, a nivel de fuerzas y esfuerzos.

Palabras clave: Relación V/H, componente vertical sísmica, edificios de mampostería estructural.

ABSTRACT

The first part of the present work evaluates and selects some of the seismic records, most important occurred mainly in Colombia, in order to establish whether there is correlation between the value of the seismic vertical component and the horizontal component and show the criteria defined by some of the standards and codes worldwide, concerning the assessment of the vertical component of earthquake. Later in the second part four standard models of masonry buildings, 3, 5, 10 and 15 levels, without and under the action of seismic vertical component (**V**) are analyzed, following the guidelines established in the current regulations NSR10 Colombiana; in order to determine the effect of **V** on the response of the structural elements, at the level of forces and stresses.

Key words: V/H relation, seismic vertical component, masonry buildings.

INTRODUCCIÓN

La fuerza de la naturaleza, en sus diferentes manifestaciones, han significado un desafío para el ser humano y han propiciado el impulso de su ingenio (ingeniería), en su propósito de vencer o atenuar los impactos negativos de algunos fenómenos naturales, para preservar su vida y entender porque? y cómo? se originan.

La actividad sísmica, es impredecible e inevitable, no sabemos cuándo, donde, de qué forma y con qué magnitud se presentará. De ahí que la ingeniería sísmica, a fin de evitar la pérdida de vidas y las materiales, establece unos requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras. Apoyada en los avances tecnológicos, analiza el movimiento sísmico del suelo y elabora modelos para su análisis dinámico, muy aproximados a la realidad; que permiten estudiar el comportamiento de las estructuras, en busca de un mejor desempeño de sus elementos.

Con los registros históricos de los sismos, más relevantes, acontecidos en el país y algunos del mundo, se va a evaluar que tan acertadas son las exigencias de la normatividad actual en cuanto a la cuantificación de la relación entre la componente vertical sísmica y la componente horizontal (V/H).

Algunos estudios han mostrado el efecto directo, de la aceleración vertical del suelo en la fuerza axial de los elementos estructurales verticales de las edificaciones (por ej.: columnas), como también en elementos, como voladizos y losas y vigas de grande luces. Por lo tanto queremos conocer en qué medida incrementa las fuerzas y esfuerzos de una edificación diseñada en mampostería estructural, en la cual los muros son los elementos estructurales que se diseñan para resistir las cargas verticales muertas y vivas y la demanda sísmica correspondiente.

El objetivo principal de la ingeniería sísmica, es salvaguardar la vida y también proteger los bienes materiales; factor relevante, debido a la dimensión de las pérdidas económicas patrimoniales que representan para un país y sus habitantes.

Hay que reconocer que, muchos diseñadores, equivocadamente no consideran, la aceleración vertical, en sus cálculos. Por consiguiente es necesario concientizar y difundir que las ondas sísmicas generan un movimiento del suelo y una excitación de las estructuras con sentido u orientación en las tres dimensiones.

Por lo tanto esperamos que los resultados que se obtengan permitan, en un corto plazo, establecer unos criterios más certeros, razonables y confiables y sirvan como aporte adicional, con el fin de ofrecer un análisis seguro, en pro de velar por el cumplimiento del objetivo de la ingeniería sísmica.

Si bien es cierto que los sismos son impredecibles en todos sus aspectos, como tiempo, modo y lugar; si hay la plena certeza de que en cualquier momento pueden ocurrir y por lo tanto debemos estar preparados para su ocurrencia.

RESTRICCIONES: El alcance del presente trabajo de grado se encuentra limitado por la información que fue posible recopilar, la cual se seleccionó dirigida a los eventos que presentaban una magnitud **V**, mayor o igual que la **H** mayor.

1. COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA

1.1. ANTECEDENTES

El análisis sísmico de las estructuras inició considerando el modelo típico de estudio con la acción horizontal de las fuerzas sísmicas, actuando de acuerdo a la distribución de las masas y la rigidez de los elementos y produciendo desplazamiento en el mismo plano horizontal.

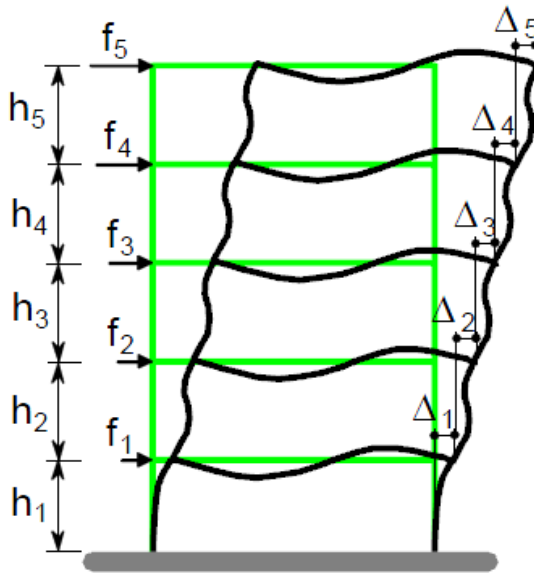


Fig. 1. Definición de la deriva (NSR10)

El estudio y efecto de la componente vertical sísmica (**V**), al igual que los parámetros para su consideración, en los diferentes códigos y normas de diseño sísmico de diferentes países; ha sido trivial o no se ha tenido en cuenta. La gran mayoría han adoptado, para considerar y cuantificar **V**, tomar las 2/3 partes de la componente sísmica horizontal (**H**), en función de la relación $V/H=2/3$; además de

recomendaciones, para voladizos, elementos de grandes luces y presforzados, consistentes en aplicar una carga adicional del 15% al 40% de la carga muerta (ascendente y descendente), por ejemplo en el extremo libre de elementos especiales como voladizos. Lo anterior como consecuencia de la falta de más investigaciones acerca de la estimación y efecto de **V**.

La relación **V/H=2/3**, se origina con el análisis, de 33 registros sísmicos ocurridos en EEUU, realizado por Newmark et al. en el año 1973; gracias al cual se empezó a considerar el efecto de **V** en el diseño estructural, correlacionándola con los valores de la aceleración **H**. Pero se requiere investigar y profundizar, para determinar los factores que definen las características en que se puede presentar y cómo incide en la respuesta estructural.

Tabla 1. Relaciones V/H Propuestos

Referencia	Características de los Registros	V/H
Newmark <i>et al.</i> , 1973	33 registros de EE.UU.	2/3
Kawashima <i>et al.</i> , 1985	Registros del Japón	1/5
Ambrasays y Simpson, 1995	104 registros mundiales, $R < 15\text{km}$, $M > 6$, $A_v > 0.1g$	1.75
Boomer y Martínez, 1996	130 registros, $A_v > 0.2g$	1.00
Mohammadioun, 1996	Suelos aluviales cercanos a la falla	0.75

Fuente: [28] PEREA Tiziano and ESTEVA Luis. Componente Vertical de Registros Sísmicos en México y su Efecto en la Respuesta No Lineal de Edificios, 2005.

Algunos autores concluyen que generalmente la componente vertical supera la horizontal para distancias epicentrales menores a 30 km, además para distancias cercanas a la falla no se cumple la regla de 2/3 dada por Newmark et al. (1973); siendo esta aproximadamente el 40% de la real encontrada, tal como se observa en la Fig. 2., donde también se mira la alta dispersión con los valores registrados [12]. Por lo tanto es de gran interés evaluar si los valores de la relación **V/H**, dados en las normas, garantizan la resistencia de una edificación a la demanda

sísmica impuesta, en todas sus direcciones North-South (N-S), East-West (E-W) y Vertical (V).

Tabla 2. Relaciones V/H in the 6 April 2009 L'Aquila (Italy) earthquake
Station location and ratio of the vertical-to-horizontal peak ground accelerations (PGA) in the 6 April 2009 L'Aquila (Italy) earthquake.

Station	Label	Coordinates		PGA (g)			Vertical/horizontal ratio (PGA) _v /(PGA) _h	
		Latitude	Longitude	North-South	East-West	Up-down	North-South	East-West
ATERNO RIVER	AQA	42.37553	13.3393	0.444	0.404	0.470	1.058	1.164
GRILLI HILL	AQG	42.37347	13.33703	0.517	0.475	0.243	0.471	0.512
AQUILA ENG: PARK	AQK	42.34497	13.40095	0.354	0.334	0.372	1.052	1.116
CENTRAL VALLEY	AQV	42.37722	13.34389	0.546	0.659	0.522	0.957	0.793

Note: All the stations are located in L'Aquila-Aterno Valley.

Fuente: [12] DI SARNO L., ELNASHAI A.S. and MANFREDI G. Assessment of RC columns subjected to horizontal and vertical ground motions recorded during the 2009 L'Aquila (Italy) earthquake, 2011.

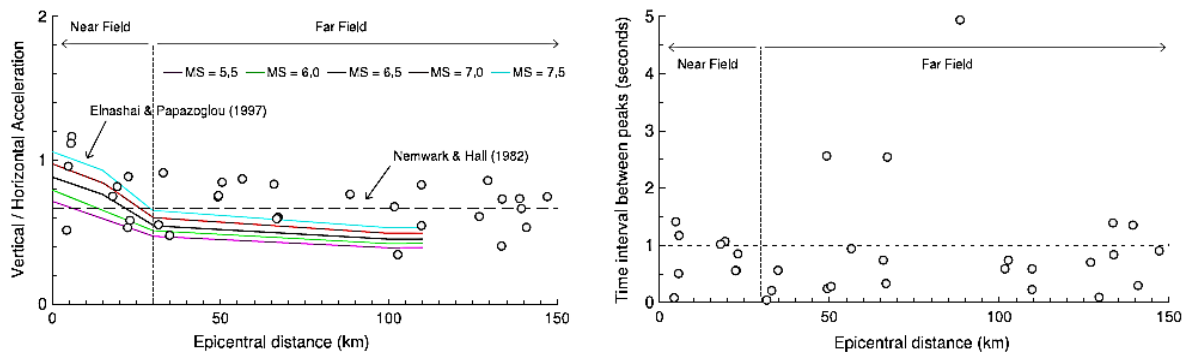


Fig. 2. Relación de Aceleración Vertical/Horizontal en función de la distancia epicentral para las estaciones de registro (izquierda) e intervalo de tiempo entre picos para las estaciones de registro (derecha) del sismo de L'Aquila del 6 de abril de 2009 (hasta 150km de distancia de la falla).

Otros investigadores han obtenido espectros de respuesta vertical como Perea y Esteva. (1999), Sharma (2000), Bozorgnia et al. (2000) [28], entre otros; a partir de registros sísmicos; aunque unos insisten en obtener una relación V/H acertada. Sin embargo los más recientes estudios de Elnashai (1997), Perea et al. (2001), entre muchos otros [28]; acertadamente confluyen en la necesidad de elaborar un espectro de diseño vertical, similar al espectro horizontal, considerando los efectos

de sitio; ya que V depende de la distancia epicentral, la profundidad, el periodo de oscilación y el tipo de suelo [28], [35]. Igualmente se debe conocer el factor de reducción, para obtener el espectro inelástico, proporcional a la ductilidad del sistema estructural; lo que amerita enfocar estudios que permitan resolver estas incógnitas como son la ductilidad y el coeficiente de amortiguamiento y reducción de los diferentes sistemas estructurales, en el sentido vertical.

1.2. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS REGISTROS SÍSMICOS

El suelo para su estudio sísmico, más sencillo, se considera como un material isotropico, donde las velocidades sísmicas son independientes de la dirección de propagación a través del suelo. Sin embargo el suelo es anisotropico y discontinuo y las velocidades horizontales y vertical pueden ser diferentes y su análisis muy complejo [4]. Los Movimientos del suelo varían, en ocasiones drásticamente, en función de la naturaleza, propiedades mecánicas y topografía del sitio; por ejemplo el terremoto de Michoacán (1985), el desplazamiento máximo del suelo fue mucho mayor en zonas más alejadas del epicentro; así Acapulco sufrió menos daños que México D.F. pese a encontrarse 150 km más cercano a la fuente (Efecto de Sitio) [10]. De igual forma se observa, en el presente trabajo, que los efectos locales son importantes en la magnitud, tanto de la componente vertical como la horizontal; presentándose aceleraciones verticales y horizontales altas a distancias mayores que otras más cercanas al epicentro.

A partir de los boletines de los sismos fuertes, ocurridos en Colombia entre los años 1993 y 2009, se detalla una lista (Tabla 3) de los sismos con una magnitud ≥ 5 , profundidad ≤ 100 Km. y distancia epicentral ≤ 300 Km; cuyos registros acelerográficos, INGEOMINAS aportó con la información, emitida directamente por los acelerógrafos, exceptuando algunos registros sísmicos que estaban dañados.

Se procesa la información a través del software SSA CONVERTER EVT y EVT CONVERTER ASCII, previa autorización de KINEMATRICS, empresa fabricante

de los acelerógrafos. Los registros en ASCII, se analizan por medio de Excel y con ayuda de Matlab (ver Anexo B), se obtienen los respectivos espectros de respuesta de la componente **H** de mayor aceleración (E-W ó N-S) y la componente **V**; utilizando el método de integración de Duhamel [30]; asumiendo un coeficiente de amortiguamiento (ξ) del 5%; aclarando que su valor real debe ser obtenido de estudios analíticos y ensayos experimentales, en el sentido vertical.

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009]
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
06/jun/1994	Paez (Cauca)	6.4	1	CVHER	265.3	3.000	3.900	3.000	1.30
				CROSA	294.61	5.600	3.500	7.100	0.49
				CBOG1	297.46	22.300	6.400	19.400	0.29
				CPENS	299.85	6.900	1.800	9.900	0.18
13/sep/1994	Riosucio (Choco)	6.3	28	CISME	176.05	11.500	8.100	8.100	0.70
				CANDE	198.3	4.800	3.400	5.000	0.68
				CTADO	222.36	6.100	3.400	5.100	0.56
				CRIOS	231.42	1.800	1.700	1.200	0.94
				CANSE	243.43	2.900	1.700	5.000	0.34
				CFILA	252.58	1.700	1.100	1.200	0.65
19/sep/1994	Santa Isabel (Antioquia)	5.2	1	CJAG1	82.94	19.200	21.100	35.900	0.59
				CSCA1	91.76	8.600	14.800	33.000	0.45
				CNORC	163.25	9.200	6.600	10.900	0.61
19/ene/1995	Tauramena (Casanare)	6.5	25	CCHIN	94.6	7.100	5.900	8.800	0.67
				CVIL1	122.53	26.200	15.900	23.300	0.61
				CSRA1	122.86	15.900	14.000	17.200	0.81
				CQUET	128.7	20.300	11.400	16.300	0.56
				CBOG1	134.49	62.300	12.500	30.900	0.20
				CROSA	156.4	10.300	7.300	15.000	0.49
				CGUAD	184.05	22.000	6.500	16.800	0.30
				CNORC	225.49	11.400	6.300	9.000	0.55
				CVHER	242.48	5.100	4.700	7.600	0.62
				CPENS	250.46	11.700	2.200	15.300	0.14
				CPRAD	257.69	5.400	5.000	7.500	0.67
				CPLA1	264.14	7.000	3.000	5.200	0.43
				CFILA	292.79	1.300	1.500	1.300	1.15
19/ene/1995	Cedros (Boyaca) Replica Tauramena	5.3	0	CVIL1	112.99	3.200	2.500	3.200	0.78
				CGUAD	176.99	1.600	0.600	1.400	0.38
20/ene/1995	Tauramena (Casanare) Replica	5.5	0	CCHIN	104.49	1.100	1.000	1.400	0.71
				CSRA1	130.86	2.400	1.800	2.000	0.75
				CVIL1	134.51	5.000	2.900	6.100	0.48
				CQUET	139.73	2.500	2.000	2.100	0.80
				CGUAD	189.09	1.700	0.800	1.600	0.47
21/ene/1995	Garaqoa (Boyaca) Replica	5.6	0	CCHIN	76.26	1.000	1.000	1.200	0.83

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
	Tauramena			CSRA1	101.59	0.700	1.200	1.000	1.20
				CVIL1	109.21	4.900	2.900	4.800	0.59
				CGUAD	162.32	1.400	0.900	1.700	0.53
22/ene/1995	La Ururia (Boyaca) Replica Tauramena	5.7	0	CSTER	26.76	80.800	34.000	100.100	0.34
				CCHIN	100.91	1.400	1.000	1.800	0.56
				CSRA1	128.29	3.200	1.800	3.300	0.55
				CVIL1	130.35	5.600	3.200	5.800	0.55
				CQUET	136.07	2.400	2.000	3.200	0.63
				CBOG1	140.35	6.300	2.900	5.100	0.46
				CGUAD	187.85	1.900	0.900	2.500	0.36
23/ene/1995	Tauramena (Casanare) Replica	5	0	CSTER	36.56	22.900	29.600	18.600	1.29
				CSLGA	51.57	4.800	5.100	7.300	0.70
				CVIL1	135.95	3.100	2.100	2.500	0.68
08/feb/1995	Calima (Valle)	6.6	102	CECAL	107.2	24.400	21.900	33.700	0.65
				CTRUJ	112.27	93.800	78.100	89.200	0.83
				CDAGU	114.64	57.800	50.500	51.000	0.87
				CSEVI	136.08	75.900	26.900	44.100	0.35
				CTADO	163.02	31.300	11.700	36.100	0.32
				CCALA	165.05	31.100	20.700	52.400	0.40
				CSAL1	166.17	11.300	7.300	8.000	0.65
				CANSE	190.66	29.400	13.000	45.000	0.29
				CTUTU	207.04	41.600	18.900	70.100	0.27
				CRIOS	209.3	10.900	9.700	13.300	0.73
				CFILA	210.29	8.100	5.200	6.600	0.64
				CPOP2	211.46	11.600	5.900	16.100	0.37
				CPOP1	214.08	3.800	3.200	5.200	0.62
				CVHER	230.32	5.300	3.500	3.400	0.66
				CPRAD	233.16	5.700	4.100	5.300	0.72
				CBETA	236.29	3.300	2.300	2.800	0.70
				CPENS	246.67	30.100	10.200	27.900	0.34
				CNORC	279.16	6.400	2.500	5.000	0.39
				CGUAD	279.6	3.400	2.000	4.500	0.44
				CISME	282.49	14.800	14.800	28.300	0.52
				CROSA	297.56	2.700	1.700	3.900	0.44
06/abr/1995	Tauramena (Casanare) Replica	5.4	0	CVIL1	143.98	2.500	1.700	2.900	0.59
				CGUAD	202.46	1.600	0.700	1.400	0.44
23/abr/1995	Yopal (Casanare)	5.7	0	CVIL1	179.83	3.900	2.500	4.700	0.53
19/aqo/1995	Risaralda (Caldas)	6.6	110	CANSE	111.77	80.600	20.500	162.600	0.13
				CMAN1	115.16	16.900	23.400	10.800	1.38
				CRIOS	115.27	15.200	10.900	12.200	0.72
				CANDE	127.79	69.000	37.700	53.100	0.55
				CVHER	128.3	6.900	11.000	6.000	1.59
				CCALA	131.98	26.900	26.200	36.300	0.72
				CIBA1	142.57	8.200	10.200	6.900	1.24
				CNORC	151.35	30.200	27.600	37.200	0.74
				CTRUJ	162.52	19.300	10.200	19.800	0.52
				CGUAD	166.2	4.000	3.300	2.800	0.83
				CROSA	190.93	2.500	5.500	2.600	2.12

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
				CJAG1	194.77	18.700	25.400	30.200	0.84
				CBOG1	218.17	3.500	1.400	5.000	0.28
				CDAGU	224.54	17.100	15.500	22.400	0.69
				CQUET	248.77	1.300	2.600	1.100	2.00
				CBSOL	263.69	7.200	3.700	6.300	0.51
				CVIL1	275.14	2.700	2.700	2.200	1.00
				CSAL1	286.49	7.800	4.300	5.700	0.55
				CBETA	289.05	3.400	2.800	3.600	0.78
				CTADO	145.74	7.500	7.600	9.700	0.78
				CTUTU	160.09	8.200	11.400	10.900	1.05
				CPLA1	191.2	41.700	26.600	46.700	0.57
				CBMAL	244.03	10.800	4.700	11.000	0.43
				CBSOL	263.57	7.200	3.700	6.300	0.51
23/may/1996	Oceano Pacifico	5.7	18	CBSOL	50.49	39.200	35.900	36.300	0.92
11/jun/1996	Zaragoza (Antioquia)	5.7	0	CPLA1	128.01	27.500	15.200	18.300	0.55
				CNORC	203.98	12.900	6.900	14.500	0.48
				CPENS	230.2	6.300	1.500	7.600	0.20
				CGUAD	255.17	1.200	0.800	1.300	0.62
11/sep/1996	Sipi (Choco)	5.2	100	CBUEN	114	10.630	3.340	9.844	0.31
				CCALI	144	10.280	4.155	10.800	0.38
				CDAGU	123	7.274	4.722	7.092	0.65
				CECAL	114	3.438	3.196	4.843	0.66
				CPTEJ	161	6.615	2.803	7.613	0.37
				CROLD	124	5.468	3.380	6.357	0.53
				CSAL1	182	1.247	0.940	1.256	0.75
				CTRUJ	114	6.378	8.107	11.190	0.72
				CPER2	167.77	9.100	5.200	7.600	0.57
				CCALA	168.51	3.000	2.700	5.800	0.47
				CFLAN	173.21	16.800	7.700	11.900	0.46
				CANSE	185.02	4.000	1.000	6.900	0.14
				CANDE	208.16	3.000	2.200	3.300	0.67
04/nov/1996	Jurado (Choco)	6.4	0	CBSOL	118.23	17.800	7.000	13.100	0.39
				CANDE	266.96	2.500	1.200	1.300	0.48
17/nov/1996	El Dovio (Valle)	5.1	110	CFILA	162	6.203	3.514	4.785	0.57
				CSAL1	210	2.799	3.451	4.014	0.86
				CROLD	111	4.751	2.080	4.939	0.42
				CSEVI	120	8.448	5.291	8.817	0.60
				CTRUJ	114	4.427	2.314	5.057	0.46
				CBUEN	157	6.453	1.804	6.208	0.28
				CECAL	133	2.079	0.844	2.742	0.31
				CDAGU	151	4.403	3.288	5.450	0.60
				CTOCH	147	3.143	1.400	1.790	0.45
				CCALI	165	7.100	2.485	5.531	0.35
				CPUTP	132.69	3.600	1.100	3.700	0.30
				CMAZP	133.17	1.900	1.400	2.200	0.64
				CLROS	134.68	5.400	2.000	6.300	0.32
				CANSE	148.59	2.700	0.900	10.200	0.09
				CANDE	174.65	1.100	0.800	1.800	0.44

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
04/feb/1997	Jurado (Choco)	5.1	70	CBSOL	77	8.498	7.068	15.410	0.46
10/mar/1997	Aguazul (Casanare)	5.5	0	CBOG4	178	1.360	5.293	1.800	2.94
				CBUC1	221	0.376	0.187	0.502	0.37
				CHATO	142	1.526	0.557	1.515	0.37
				CSUES	74	2.117	0.978	1.619	0.46
09/jul/1997	Venezuela	7	19	CBOG4	1350	0.831	0.640	0.145	0.77
				CSUES	1184	0.393	0.253	0.498	0.51
17/jul/1997	Cubarral (Meta)	5.4	0	CANAP	93	2.075	1.367	2.260	0.60
				CARBE	63	2.425	1.452	2.360	0.60
				CBATA	207	2.327	0.557	2.277	0.24
				CBOG2	90	3.079	1.106	3.467	0.32
				CCOLO	94	5.522	2.524	6.407	0.39
				CFILA	231	4.069	2.077	4.024	0.51
				CMAZP	208	6.172	0.462	1.784	0.07
				CPRAD	90	2.795	2.305	1.456	0.82
				CQUET	60	1.506	1.197	1.729	0.69
				CRIOS	253	1.427	0.714	4.775	0.15
				CSJGU	217	8.724	3.450	11.750	0.29
				CVIL1	63	10.160	5.624	9.589	0.55
10/dic/1997	Argelia (Valle)	5	100	CANDE	147	1.528	1.073	2.238	0.48
				CCALI	180	2.546	1.333	3.066	0.43
				CDAGU	165	1.195	0.818	1.429	0.57
				CFILA	136	10.410	7.214	10.490	0.69
				CMAN1	134	4.896	3.317	4.321	0.68
				CTRUJ	115	2.457	1.642	2.809	0.58
10/feb/1998	Chameza (Casanare)	5.05	0	CVIL1	138	5.469	3.608	5.111	0.66
06/mar/1998	Landazuri (Sant)	5.43	0	CPLA1	116	7.068	5.641	7.057	0.80
				CNOBS	123	4.472	3.684	4.748	0.78
				CSUES	123	2.041	1.787	2.023	0.88
				CPENS	173	8.373	2.052	3.385	0.25
				CFQNE	94	4.360	2.097	3.481	0.48
				CROSA	168	1.355	0.570	0.979	0.42
				CVIL1	260	6.908	2.872	2.327	0.42
				CVIL2	241	6.908	2.872	2.327	0.42
				CCUC1	227	1.478	0.856	1.327	0.58
				COCAÑ	218	4.018	1.687	4.135	0.41
				CSARD	233	1.609	0.737	1.241	0.46
				CBUIS	128	3.705	2.943	3.278	0.79
				CBUC6	98	4.155	1.497	4.340	0.34
				CBUC1	123	4.043	2.152	4.708	0.46
				CBUC4	128	8.712	3.355	9.167	0.37
				CVHER	195	1.066	1.638	1.936	0.85
08/mar/1998	Cimitarra (Sant)	5.52	0	CPLA1	117	3.521	5.959	5.572	1.07
				CSLUI	126	11.340	6.980	18.560	0.38
				CPENS	172	12.050	2.931	13.900	0.21
				CFILA	216	0.674	0.390	5.572	0.07
				CNOBS	119	2.885	1.637	2.885	0.57
				CBOG1	182	2.135	0.846	1.499	0.40

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
				CBOG3	182	0.846	0.716	1.324	0.54
				CCHIN	193	1.307	0.676	0.430	0.52
				CFQNE	90	9.516	2.686	7.212	0.28
				CROSA	165	1.405	0.854	1.221	0.61
				CVIL1	234	1.325	0.712	1.321	0.54
				CBUC1	130	1.012	0.550	0.109	0.54
				CBUC4	130	1.893	1.071	1.893	0.57
				CVHER	194	1.541	2.130	2.036	1.05
25/ene/1999	Armenia (Quindio)	6.2	0	CSONS	148	3.761	2.715	6.096	0.45
				CANDE	141	6.162	4.758	10.110	0.47
				CFILA	100	8.852	5.267	9.645	0.55
				CMAN	76	85.910	57.200	102.500	0.56
				CRIOS	112	7.423	7.117	7.099	0.96
				CPENS	125	21.110	7.142	25.040	0.29
				CNORC	158	6.959	4.550	6.613	0.65
				CPOP2	236	5.925	2.864	4.438	0.48
				CARBE	144	6.706	2.657	5.822	0.40
				CGUAD	145	6.257	3.252	6.338	0.51
				CROSA	162	3.183	1.765	4.202	0.42
				CBOG2	184	3.807	1.646	4.427	0.37
				CBOG1	184	3.782	1.937	0.599	0.51
				CSNBA	184	1.572	1.121	1.174	0.71
				C BETA	192	5.266	2.916	6.926	0.42
				CCOLO	153	15.010	7.725	13.870	0.51
				CNEIV	171	15.530	11.290	17.180	0.66
				CPLAT	227	5.327	4.884	8.246	0.59
				CARME	13	518.400	448.200	580.100	0.77
				CFLAN	33	554.900	182.200	477.800	0.33
				C BOCA	48	82.740	27.490	49.000	0.33
				CPER	48	207.800	95.840	141.500	0.46
				CPRAD	117	6.937	5.483	5.503	0.79
				CVHER	97	6.477	12.020	5.417	1.86
				C BUEN	162	15.310	3.713	20.710	0.18
				CCALI	142	21.600	7.953	17.180	0.37
				CDAGU	138	3.166	3.446	3.962	0.87
				CTOCH	94	3.581	2.802	2.724	0.78
				CECAL	112	2.367	1.471	2.231	0.62
18/mar/1999	Bosconia (Cesar)	6.1	100	CSARD	261.07	2.860	1.156	3.107	0.37
				COCAÑ	228.99	7.766	4.117	7.835	0.53
				CCUC1	290.05	2.659	1.061	3.588	0.30
30/mar/1999	Venezuela	6.13	0	COCAÑ	192.85	1.586	1.561	1.737	0.90
01/jun/1999	Guayabetal (Cundinamarca)	5.21	0	CVIL1	18.32	48.950	23.350	32.930	0.48
				CGUAD	126.27	1.839	0.716	2.847	0.25
				CBOG1 (S.)	52.91	2.578	1.416	2.826	0.50
				CBOG1 (R.)	52.91	0.801	0.561	1.052	0.53
				CCOLO	153.96	2.492	1.386	2.452	0.56
				CBOG2	48.08	9.535	2.884	10.740	0.27
				CROSA	88.4	0.510	0.282	0.611	0.46

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
17/jul/1999	Sativasur (Boyaca)	5.59	0	CBUC1	113.94	2.746	1.332	2.690	0.49
				CBUIS	123.14	8.657	5.090	8.079	0.59
				CGUAD	235.75	0.815	0.307	0.637	0.38
				CPAMP	142.69	2.960	1.531	3.123	0.49
				CBOG1 (S.)	220.24	1.644	0.798	2.233	0.36
				CBOG1 (R.)	220.24	0.406	0.219	0.485	0.45
				COCAÑ	246.41	1.192	0.886	1.424	0.62
				CROSA	224.66	0.758	0.437	0.609	0.58
				CBUC4	116.97	5.194	4.688	5.966	0.79
17/ene/2000	Fortul (Arau)	5.9	0	CBUC1	126	1.150	0.915	0.867	0.80
				CBUC4	136	2.742	1.597	2.417	0.58
				CBUC5	123	3.486	1.234	2.667	0.35
				CSUES	146	2.538	1.157	1.990	0.46
28/mar/2000	El Baqre (Ant.)	5.3	0	CBUC1	179	1.500	0.455	1.036	0.30
				CBUC5	183	2.482	0.892	1.765	0.36
				CSUES	283	0.633	0.361	0.828	0.44
				CPENS	268	2.818	0.818	4.788	0.17
23/may/2000	Francisco Pizarro (Nar)	5.3	70	CPAS2	185	16.010	5.215	7.085	0.33
				CSAMA	149	2.166	1.750	3.396	0.52
08/nov/2000	Jurado (Choco)	6.4	0	CBOG1	511	1.620	0.386	1.366	0.24
				CBSOL	117	36.970	16.260	42.070	0.39
				CCALA	388	0.186	0.154	0.209	0.74
				COCAÑ	528	1.072	0.629	1.217	0.52
08/sep/2001	Majagual (Sucre)	5.4	< 5km	CMONT	132	9.168	2.542	11.223	0.23
				CURR2	N.D.	3.436	1.898	4.583	0.41
				CURR4	N.D.	0.626	0.836	0.707	1.18
26/abr/2002	El Carmen (Santa)	5.4	< 5km	CBOG1	233	1.070	0.516	1.264	0.41
				CNOBS	137	4.244	2.110	3.481	0.50
				CTUN1	125	1.932	1.033	1.618	0.53
				CPLA1	140	4.619	4.894	6.503	0.75
08/ago/2002	Océano Pacífico	5.1	< 5km	CCALA	270	0.191	0.202	0.243	0.83
				CTRUJ	213	0.444	0.389	0.622	0.63
23/nov/2002	La Uribe (Meta)	5.6	< 5km	CAVIA	156	4.127	1.026	3.701	0.25
				CVIL1	128	23.140	13.583	22.329	0.59
				CBOG1	152	3.020	1.355	3.593	0.38
				CUAGR	165	2.819	0.998	2.456	0.35
				CUSAQ	160	6.984	3.150	5.177	0.45
				CARBE	107	6.125	2.070	4.615	0.34
				CCOLO	44	28.899	14.329	40.945	0.35
				CTUN1	279	1.848	0.495	1.570	0.27
				CSJGU	216	22.659	10.250	21.916	0.45
22/ene/2003	Colombia (Huila)	5.2	< 5km	CCALA	158	4.005	2.471	4.362	0.57
				CARME	164	12.894	7.687	15.712	0.49
				CVIL1	119	6.913	4.612	6.075	0.67
				CCOLO	36	20.993	10.429	15.269	0.50
				CIBA1	122	6.218	4.830	6.013	0.78
				CSJGU	241	6.978	3.240	6.749	0.46
				CBOG1	128	3.206	1.490	3.132	0.46

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
05/nov/2003	Océano Pacífico	5.5	< 5km	CAVIA	131	3.012	1.401	3.717	0.38
				CUAGR	141	2.195	1.221	2.122	0.56
				CCAL4	239	2.457	0.862	3.619	0.24
				CBMAL	139	4.935	3.814	14.119	0.27
				CCAL3	242	1.821	1.344	1.548	0.74
18/ago/2004	Sotará (Cauca)	5.2	< 5km	CMAN1	272	3.815	0.858	2.422	0.22
				CBORD	39	10.315	6.132	10.027	0.59
				CPOP2	35	17.912	8.587	21.071	0.41
				CPOP1	31	12.256	8.965	15.249	0.59
				CPLAT	84	3.495	2.732	3.502	0.78
				RAC02	137	1.638	1.068	2.604	0.41
				RAC05	143	1.849	0.868	1.830	0.47
				RAC07	147	1.635	0.838	1.472	0.51
15/nov/2004	Océano Pacífico	6.7	24	CVERS	274	1.012	0.202	1.130	0.18
				MECSJ	293	1.612	1.199	2.401	0.50
				MEEVH	294	1.465	1.062	3.232	0.33
				MESEM	292	3.789	1.826	4.095	0.45
				MEUDM	287	2.994	1.321	3.498	0.38
				MEUEA	288	1.830	1.577	1.871	0.84
				CFILA	250	2.332	1.953	2.215	0.84
				CMAN1	262	16.585	4.458	16.976	0.26
				MCOLO	250	15.463	13.743	4.977	0.89
				MEMTE	255	9.356	10.262	6.252	1.10
				MPALE	254	3.080	3.428	2.344	1.11
				MUNAL	255	13.282	4.341	13.821	0.31
				CPENS	296	7.747	3.107	11.338	0.27
				CRIOS	237	2.134	2.543	2.709	0.94
				CPOP2	291	25.380	6.602	19.289	0.26
				CPTEJ	231	29.140	12.344	22.846	0.42
				CCALA	240	2.826	2.955	2.410	1.05
				CPOST	236	23.527	11.539	24.911	0.46
				DOLRO	233	16.816	7.044	17.355	0.41
				PEFIL	214	5.266	4.692	6.164	0.76
				PEUTP	232	10.306	3.037	8.647	0.29
				PEMAZ	231	11.876	4.229	11.437	0.36
				SRHOS	231	26.718	6.766	22.387	0.25
				CIBA3	289	1.760	2.583	2.781	0.93
				CVHER	295	1.170	1.450	1.116	1.24
				CBMAL	102	72.632	25.170	95.623	0.26
				RAC02	211	33.135	13.874	50.454	0.27
				RAC03	206	40.643	24.819	61.513	0.40
				RAC04	205	24.685	11.964	22.430	0.48
				RAC05	205	35.434	29.922	38.331	0.78
				RAC06	206	108.490	37.237	79.393	0.34
				RAC07	202	39.451	20.618	29.615	0.52
				RAC08	205	42.935	29.238	46.487	0.63
				RAC10	211	59.767	22.936	67.477	0.34
				RAC11	214	63.435	25.178	55.579	0.40

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
				CCAL5	204	54.630	28.490	31.458	0.52
				CCAL6	201	10.793	9.686	11.459	0.85
				CCAL7	212	17.148	19.347	18.148	1.07
				CCAL8	212	16.228	17.944	13.673	1.11
				CECAL	169	17.011	9.864	8.812	0.58
				CTRUJ	174	14.696	22.138	16.341	1.35
				CVERS	176	49.723	25.133	47.084	0.51
08/mar/2005	Toro (Valle)	5.2	< 5km	CPOST	46	49.302	25.962	79.248	0.33
				CCALA	50	14.437	7.340	23.544	0.31
				CECAL	92	1.142	0.964	1.186	0.81
				CDAGU	122	3.258	2.364	3.142	0.73
				CTOCH	105	2.759	2.165	1.643	0.78
				RAC01	146	1.990	1.044	2.506	0.42
				RAC02	141	2.626	1.924	3.133	0.61
				RAC03	139	8.703	4.965	7.762	0.57
				RAC04	141	5.923	2.772	4.257	0.47
				RAC05	136	6.142	2.856	5.354	0.46
				RAC06	136	4.959	2.454	4.483	0.49
				RAC07	132	6.207	3.974	5.683	0.64
				RAC09	128	4.486	4.920	2.413	1.10
				CFILA	98	0.961	0.691	0.766	0.72
				CANSE	82	6.432	1.613	11.111	0.15
				CVERS	14	110.620	59.554	73.346	0.54
				CSHEL	193	0.464	0.326	0.434	0.70
				CTRUJ	47	7.293	3.795	5.965	0.52
				MPALE	84	6.145	6.182	3.277	1.01
				MEMTE	84	7.866	8.367	7.668	1.06
				MCOLO	83	30.713	21.635	8.048	0.70
				CIBA2	92	1.237	1.067	1.003	0.86
				CIBA3	80	3.167	6.275	2.890	1.98
				CTUTU	140	1.703	1.080	2.499	0.43
				CMAN1	82	9.188	7.964	10.567	0.75
21/abr/2005	Tadó (Choco)	5.3	90	CVICT	124	2.495	1.947	2.303	0.78
				CVERS	114	17.841	9.963	18.773	0.53
				CCALA	144	2.151	1.307	2.377	0.55
				CPOST	140	8.117	5.301	14.133	0.38
				CARME	139	8.151	3.277	9.364	0.35
				CTRUJ	140	2.788	1.882	4.680	0.40
				RAC03	217	4.153	1.755	3.122	0.42
				RAC04	219	3.358	1.699	3.074	0.51
				RAC05	215	3.025	1.672	2.644	0.55
				RAC07	212	4.371	2.565	3.971	0.59
				CUAGR	277	1.395	1.395	1.965	0.71
				CMAN1	131	10.583	6.917	7.606	0.65
				MEMTE	135	14.608	14.230	6.061	0.97
				MCOLO	131	23.622	23.421	6.370	0.99
				CRIOS	119	1.028	1.334	1.172	1.14
				CANSE	110	8.414	1.805	12.060	0.15

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
				CFILA	128	0.946	0.604	0.749	0.64
				CPENS	164	9.000	3.207	11.629	0.28
				CTUTU	110	8.510	4.066	14.679	0.28
				CSLUI	204	1.071	0.579	1.162	0.50
				CVHER	150	1.288	0.807	1.028	0.63
06/mar/2007	Puracé (Cauca)	5	< 5km	CBORD	56	16.620	6.420	15.450	0.39
				CPOP2	30	12.220	7.760	13.320	0.58
				CPOP4	31	23.190	8.350	28.510	0.29
				CPOP3	29	32.020	15.170	36.200	0.42
				CCRUZ	88	6.300	3.470	6.660	0.52
				CPLAT	66	3.190	3.280	3.030	1.03
24/abr/2007	Andes (Antioquia)	5.3	15	CGUAD	163	2.420	0.770	3.490	0.22
				CNOCA	117	6.160	4.430	6.530	0.68
				CVHER	117	5.620	4.320	3.600	0.77
				CANSE	53	101.120	27.140	112.490	0.24
				CFILA	61	6.710	4.430	4.380	0.66
				CRIOS	41		5.210	2.340	2.23
20/jun/2007	Cubará (Boyaca)	5.7	< 5km	CTUN3	218	1.050	0.620	1.250	0.50
				CCUC3	84	3.490	2.330	4.450	0.52
				CBUIS	99	7.850	4.550	10.660	0.43
				CBUC1	94	4.210	2.790	4.520	0.62
				CSARD	117	2.640	1.280	2.130	0.48
				CCUC3	86	1.700	1.220	1.620	0.72
				CSARD	119	1.620	0.770	1.320	0.48
10/sep/2007	Océano Pacífico	6.2	< 5km	CTUMA	136	32.100	9.520	39.830	0.24
				CTUM2	135	23.680	10.350	33.290	0.31
				CGUAP	53	70.570	20.390	55.500	0.29
				CPLAT	261	2.030	0.960	1.470	0.47
				CBMAL	153	5.310	1.770	5.720	0.31
				CSAMA	189	57.740	8.330	18.150	0.14
				CRICA	191	34.340	14.620	33.720	0.43
				CCRUZ	205	40.340	13.870	54.540	0.25
				CIPIA	245	5.090	5.170	4.950	1.02
				CPOP4	185	10.570	4.640	9.910	0.44
				CPOP2	187	8.040	4.630	6.700	0.58
				CPTEJ	202	6.370	2.930	7.870	0.37
				CTRUJ	253	1.010	0.650	1.010	0.64
				CECAL	211	0.690	0.520	0.440	0.75
				CDAGU	184	4.670	2.860	4.170	0.61
				CPAS2	218	10.420	5.790	11.840	0.49
				CPMGU	211	4.540	4.760	2.700	1.05
24/may/2008	Quetame (Cundinamarca)	5.7	< 5km	CQUET	10	460.580	297.500	605.640	0.49
				CBOG2	34	72.600	15.390	48.230	0.21
				CVITE	34	25.960	11.020	20.120	0.42
				CVIL1	35	59.430	42.580	71.760	0.59
				CUNMA	36	48.900	17.460	34.290	0.36
				CMARI	36	58.390	26.810	50.750	0.46
				CBART	36	22.810	10.950	18.920	0.48

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
				CTUNA	37	24.920	9.840	25.720	0.38
				CESCA	38	15.650	9.540	16.300	0.59
				CTEJE	39	33.080	13.390	35.990	0.37
				CBOG1	39	33.700	14.190	37.680	0.38
				CBOG1	39	9.010	5.510	6.480	0.61
				CGRAL	40	21.160	13.750	19.190	0.65
				CGRAL	40	7.440	5.680	6.660	0.76
				CUSAQ	41	48.930	21.030	40.690	0.43
				CCITE	41	20.450	9.830	21.600	0.46
				CREAC	41	36.530	12.380	23.880	0.34
				CTIMI	43	15.740	11.490	17.230	0.67
				CJABO	43	30.970	14.070	39.540	0.36
				CSMOR	43	5.690	5.670	9.560	0.59
				CNIÑO	44	36.690	11.580	25.710	0.32
				CBANC	44	14.840	9.910	14.170	0.67
				CTVCA	45	15.010	9.110	14.850	0.61
				CUSAL	45	16.820	11.290	13.960	0.67
				CUAGR	46	21.290	10.450	22.170	0.47
				CUAGR	46	4.610	4.430	3.630	0.96
				CAVIA	46	22.500	10.360	30.460	0.34
				CFONT	46	19.880	7.030	21.450	0.33
				CCKEN	47	17.530	8.010	13.580	0.46
				CBOSA	47	26.850	11.190	18.130	0.42
				CEING	48	22.280	8.080	28.110	0.29
				CCORP	49	17.200	9.050	16.610	0.53
				CTIEM	49	20.270	5.920	20.720	0.29
				CFLOD	51	17.410	8.220	20.420	0.40
				CARBE	71	4.970	4.170	6.400	0.65
				CROSA	74	3.480	2.190	4.620	0.47
				CANAP	80	5.040	3.500	4.310	0.69
				CGUAD	113	8.820	6.570	11.830	0.56
				CFQNE	117	8.520	2.120	7.100	0.25
				CTUN2	135	12.110	6.910	21.270	0.32
				CTUN3	137	2.850	1.420	3.500	0.41
				CPRAD	139	4.590	4.250	4.900	0.87
				CIBA3	152	4.790	7.440	7.870	0.95
				CIBA1	158	6.210	3.560	5.820	0.57
				CPENS	184	7.600	1.770	11.360	0.16
				CYOPA	187	2.460	1.050	2.080	0.43
				CMAN1	190	3.130	2.080	3.440	0.60
				CCALA	201	1.370	0.780	2.520	0.31
				CARME	205	9.910	3.070	8.670	0.31
				CFILA	218	0.620	0.540	1.110	0.49
				CANSE	241	0.680	0.740	1.060	0.70
				CSJGU	244	18.490	7.950	15.790	0.43
				CTRUJ	278	0.420	0.400	0.770	0.52
03/jul/2009	Chaparral (Tolima)	5	0	CREAC	200	2.547	0.688	2.529	0.27
				CBOG2	201	2.928	1.613	3.620	0.45
				CGRAL	194	1.437	0.718	2.120	0.34

Tabla 3. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[MAGNITUD > 5, PROFUNDIDAD < 100 km Y DISTANCIA < 300 Km.]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
				CGRAL	194	0.534	0.361	0.763	0.47
				CCALA	92	3.267	1.367	6.169	0.22
				CVHER	160	0.564	0.666	0.679	0.98
				CROSA	194	0.811	0.376	0.716	0.46
				CVERS	117	4.897	2.095	5.350	0.39
				CBETA	109	0.866	0.805	0.886	0.91
				CPLAT	146	1.382	0.874	1.467	0.60
				CVIL1	226	1.297	0.614	0.698	0.47
				CGUAD	192	1.275	0.430	1.963	0.22
				CGARZ	165	1.548	1.103	1.711	0.64
				CANAP	156	2.503	1.416	2.730	0.52
				CARBE	146	1.857	1.048	1.349	0.56

Fuente: [13] INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS y RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS DE COLOMBIA RNAC. Boletines de movimientos fuertes, noviembre de 1993 a diciembre de 2009. Vol 1-15, ISSN 1692-1348.

Con base en la relación detallada en la Tabla 3, se eligieron cuatro eventos sísmicos, considerados relevantes para el presente trabajo, porque cuentan con información completa y se optó por el análisis de datos de las estaciones ubicadas en suelo rocoso, en vista de los datos con que cuentan:

- ✚ Sismo en Cimitarra (Santander), 8 de Marzo de 1998 [Mag: 5.52, Profundidad: Superficial < 5km.]
- ✚ Sismo en Armenia (Quindío), 25 de Enero de 1999 [Mag: 6.2, Profundidad: Superficial < 5km.]
- ✚ Sismo en el Oceano Pacífico (Colombia), 15 de Noviembre de 2004 [Mag: 6.7, Profundidad: 24 Km.]
- ✚ Sismo en Toro (Valle), 8 de Marzo de 2005 [Mag: 5.2, Profundidad: Superficial < 5 Km.]

Además relacionamos a continuación algunos sismos que presentan una magnitud de la aceleración vertical del suelo **Vs**, relativamente alta, en comparación con la mayor aceleración horizontal del suelo **Hs** máx.

Tabla 4. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009]
[Con Aceleraciones Verticales de suelo cercanas y \geq a la Aceleración Horizontal Máxima]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
06/jun/1994	Paez (Cauca)	6.4	1	CVHER	265.3	3.0000	3.9000	3.0000	1.30
19/ene/1995	Tauramena (Casanare)	6.5	25	CFILA	292.79	1.3000	1.5000	1.3000	1.15
21/ene/1995	Garagoa (Boyaca) Rep Taurame	5.6	0	CSRA1	101.59	0.7000	1.2000	1.0000	1.20
23/ene/1995	Tauramena (Casanare) Replica	5	0	CSTER	36.56	22.9000	29.6000	18.6000	1.29
10/feb/1995	Tauramena (Casanare)	3.9	0	CURUR	14.91	0.9000	5.9000	5.0000	1.18
19/ago/1995	Risaralda (Caldas)	6.6	110	CMAN1	115.16	16.9000	23.4000	10.8000	1.38
				CVHER	128.3	6.9000	11.0000	6.0000	1.59
				CROSA	190.93	2.5000	5.5000	2.6000	2.12
				CQUET	248.77	1.3000	2.6000	1.1000	2.00
				CVIL1	275.14	2.7000	2.7000	2.2000	1.00
				CTUTU	160.09	8.2000	11.4000	10.9000	1.05
07/jul/1996	Tesalia (Huila)	3.6	3	CPLAT	29.17	2.0000	3.9000	3.1000	1.26
22/oct/1996	Sotar� (Cauca)	4	6	CSAGU	40	0.8892	2.0260	1.1750	1.72
04/dic/1996	Sipi (Choco)	4.9	130	CANSE	197	0.5274	1.8950	1.5150	1.25
				CPER1	172	0.4015	1.1040	0.6009	1.84
01/ene/1997	Nido de Bucaramanga	6.2	160	CCUC2	212	3.93	5.6460	2.772	1.44
				CGUAD	301	1.089	1.2830	0.8485	1.18
07/mar/1997	Nido de Bucaramanga	5.9	150	CBUC1	156	2.7110	4.3460	2.968	1.46
				CBUC2	157	5.3660	10.6300	7.038	1.51
				CCUC1	212	1.3360	3.0780	1.439	2.14
				CFQNE	222	0.8432	1.1400	0.9207	1.24
				CBUIS	157	7.8800	15.3200	8.112	1.89
				CCUC2	214	3.5400	6.1930	2.541	1.75
10/mar/1997	Aquazul (Casanare)	5.5	0	CBOG4	178	1.3600	5.2930	1.8000	2.94
30/mar/1997	Maripí (Boyacá)	4.4	120	CPLA1	175	3.3890	3.5670	3.3050	1.05
11/may/1997	Nido de Bucaramanga	5.9	160	CBUC1	163	0.3871	0.6847	0.3884	1.76
				CCUC1	3	1.1970	2.6430	1.8680	1.41
				CFQNE	236	1.4950	1.9460	1.5150	1.28
				CSLUI	278	1.4500	4.1290	1.3610	2.85
				CSUES	201	0.5612	0.7523	0.5694	1.32
11/jun/1997	Nido de Bucaramanga	6.1	160	CBUC2	164	0.9220	3.1310	0.5554	3.40
				CBOG4	316	0.9534	2.1910	1.5600	1.40
				CCUC1	204	1.5180	3.5030	1.8840	1.86
				CBUC1	163	0.7841	1.1650	0.7130	1.49
24/jun/1997	Nido de Bucaramanga	5.5	160	CBUC1	163	1.0880	2.0350	1.0720	1.87
				CCUC1	207	0.4925	1.0590	0.7551	1.40
				CSUES	201	0.7253	0.7513	0.5701	1.04
				CBUIS	164	4.9040	10.8700	5.3820	2.02
19/ago/1997	Madrigal (Valle)	3.2	2	CTRUJ	14	0.4811	1.1170	0.6413	1.74
02/sep/1997	Génova (Quindío)	6.8	230	CBETA	273	1.1970	1.4060	0.8744	1.17
				CECAL	243	5.2920	6.8170	5.8700	1.16
				CGUAD	297	1.3666	1.9830	1.2260	1.45
				CIBA2	247	1.1480	1.3640	1.2150	1.12
				CPRAD	255	1.4110	3.8490	2.0870	1.84
				CVHER	272	1.1930	2.6220	1.2080	2.17
				CVIL1	339	1.4170	1.4730	1.1420	1.04
				CCOLO	267	8.3050	9.1610	8.1300	1.10
				CNEIV	265	2.1250	5.1250	3.3600	1.53

Tabla 4. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[Con Aceleraciones Verticales de suelo cercanas y \geq a la Aceleración Horizontal Máxima]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
				CPLA1	361	2.2370	3.2680	1.8860	1.46
04/nov/1997	Beltrán (Cundinamarca)	3.1	2	CGUAD	23	0.8075	1.9320	0.6284	2.39
11/dic/1997	Génova (Quindío)	6.6	220	CFQNE	361	1.0050	1.0940	0.9369	1.09
				CPRAD	251	0.9371	1.1480	1.0510	1.09
				CVHER	265	1.1970	1.4040	0.9181	1.17
20/ene/1998	San Juan (Cundinamarca)	1.6	29	CFQNE	128	0.8430	0.7295	0.4300	0.87
08/mar/1998	Cimitarra (Sant)	5.52	0	CPLA1	117	3.5210	5.9590	5.5720	1.07
				CVHER	194	1.5410	2.1300	2.0360	1.05
10/mar/1998	Nido de Bucaramanga	4.89	155	CBUIS	158	2.2200	2.2770	2.1400	1.03
30/mar/1998	Nido de Bucaramanga	5.74	150	CFQNE	216	1.9510	2.9520	2.0830	1.42
25/may/1998	Betulia (Nido)	5.59	150	CROSA	299	0.4840	2.9320	0.8630	3.40
				CFQNE	225	0.6840	1.1950	0.7530	1.59
				CCUC1	201	0.6730	1.6790	0.9340	1.80
22/jun/1998	Suarez (Cauca)	4.9	120	CDAGU	161	0.5230	0.8130	0.5510	1.48
19/sep/1998	Río Blanco (Tolima)	4.1	0	CTOCH	43	1.3330	1.6510	1.5250	1.08
14/ene/1999	Nido de Bucaramanga	5.47	160	CCUC1	214	0.4037	1.3620	0.8066	1.69
25/ene/1999	Armenia (Quindío)	6.2	0	CRIOS	112	7.4230	7.1170	7.0990	0.96
				CVHER	97	6.4770	12.0200	5.4170	1.86
25/mar/1999	Pitalito (Huila)	3.36	10	CPLAT	62	0.6279	1.1790	0.7552	1.56
30/mar/1999	Calarcá (Quindío)	3.6	0	CSEVI	43	2.6510	4.6040	2.6010	1.74
30/mar/1999	Venezuela	6.13	0	COCAÑ	192.85	1.5860	1.5610	1.7370	0.90
14/abr/1999	Nido de Bucaramanga	6.13	170	CVHER	341	0.3141	0.7175	0.2630	2.28
				CCUC1	218	1.1190	2.6790	2.0050	1.34
15/may/1999	Pulí (Cundinamarca)	4.82	18.74	CANAP	33	16.2000	16.2600	15.8800	1.00
				CGUAD	51	1.4880	2.2460	2.1350	1.05
				CBOG1	77	0.5763	1.0180	0.9065	1.12
03/ago/1999	Nido de Bucaramanga	4.97	160	CCUC1	205	0.3445	1.1900	0.7335	1.62
25/ago/1999	Chaquani (Cundinamarca)	4.14	2.31	CANAP	46	3.5440	5.3630	3.1560	1.51
30/oct/1999	San Eduardo (Boyacá)	4.46	0	CSUES	56	0.8636	1.1280	0.7041	1.31
08/nov/1999	Nido de Bucaramanga	6.5	160	CSRA1	307	1.7120	2.5330	1.8020	1.41
20/ene/2000	La Uribe (Meta)	3.6	0	CCOLO	31	2.3320	4.2480	2.2890	1.82
04/feb/2000	Córdoba (Quindío)	3.8	0	CSEVI	33	1.9270	2.6010	2.5930	1.00
07/abr/2000	Tello (Huila)	3.7	0	CCOLO	62	1.4540	3.0090	1.2030	2.07
24/may/2000	Pulí (Cundinamarca)	4.4	0	CBOG1	67	0.8470	2.4550	0.8910	2.76
				CBOG1	67	0.3060	0.6800	0.1960	2.22
04/jun/2000	Armenia (Quindío)	1.8	40	CCALA	43	0.1710	0.2870	0.2790	1.03
10/jun/2000	Circasia (Quindío)	2.8	0	CCALA	15	2.6950	4.4790	4.1500	1.08
24/jun/2000	Calarcá (Quindío)	2.6	0	CCALA	9	3.0760	7.6070	5.3250	1.43
27/jun/2000	Circasia (Quindío)	2.3	0	CCALA	11	1.0760	1.9120	1.5830	1.21
29/jun/2000	Calarcá (Quindío)	3.5	0	CCALA	6	4.8670	5.7010	5.0240	1.13
28/ago/2000	Venadillo (Tolima)	4.2	0	CANAP	44	1.7360	2.7610	1.6320	1.59
14/nov/2000	Ancuya (Nariño)	4.3	30	CPAS2	44	4.7380	7.1350	6.7350	1.06
	La Llanada (Nariño)	3.3	0	CPAS2	59	1.4440	1.7580	1.0990	1.22
	Puerres (Nariño)	3.9	0	CPAS2	43	1.9660	2.7670	2.2720	1.22
19/nov/2000	El Guamo (Tolima)	4.4	0	CCOLO	67	2.7570	4.1160	2.0530	1.49
				CVHER	121	0.5140	0.9970	0.7040	1.42
31/dic/2000	Baraya (Huila)	4.5	0	CCOLO	101	3.1570	6.4220	3.3430	1.92
23/feb/2001	Salento (Quindío)	2.1	< 5km	CCALA	12	0.5354	0.7752	0.5943	1.30

Tabla 4. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[Con Aceleraciones Verticales de suelo cercanas y \geq a la Aceleración Horizontal Máxima]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
03/abr/2001	Armenia (Quindío)	2.8	< 5km	CCALA	11	1.0316	1.7454	1.2136	1.44
06/abr/2001	Córdoba (Quindío)	2.9	13.25	CCALA	18	0.2186	0.5675	0.3919	1.45
				CCALA	18	0.1674	0.5315	0.3151	1.69
21/abr/2001	Versalles (Valle)	3.4	88	CCALA	110	0.2503	0.3086	0.2594	1.19
02/may/2001	Córdoba (Quindío)	1.7	16.29	CCALA	19	0.2702	0.6130	0.3769	1.63
17/may/2001	Lejanías (Meta)	3.9	< 5km	CCOLO	61	2.4700	4.5626	3.3996	1.34
23/jun/2001	Los Santos (Santander)	5.5	158	CFQNE	226	0.9307	1.2188	0.9380	1.30
30/jun/2001	Betania (Antioquia)	4.1	24	CFILA	67	0.6601	0.8900	0.6460	1.35
18/jul/2001	Córdoba (Quindío)	1.5	14	CCALA	17	0.5689	0.6881	0.6805	1.01
19/jul/2001	Murindó (Antioquia)	4.2	< 5km	CCALA	291	0.2710	0.4643	0.2850	1.63
22/ago/2001	Córdoba (Quindío)	1.4	13.55	CCALA	16	1.1853	1.4314	1.3073	1.09
17/sep/2001	La Tebaida (Quindío)	1.8	< 5km	CCALA	12	0.229	0.6394	0.402	1.59
22/sep/2001	Tulúa (Valle)	6.1	180	CGRAL	289	0.5377	0.883	0.4079	1.64
				CGRAL	289	0.2461	0.251	0.1492	1.02
				CECAL	167	2.269	3.33	2.1443	1.47
				CPMGU	372	4.986	6.2262	1.9027	1.25
				CVHER	239	0.3101	0.6875	0.4433	1.55
30/sep/2001	Ibague (Tolima)	1.9	13	CCALA	47	1.297	2.6395	1.7423	1.51
30/sep/2001	Potosí (Nariño)	4.5	31	CPMGU	80	53.6	65.1137	38.5692	1.21
09/nov/2001	Colombia (Huila)	3.4	< 5km	CCOLO	11	4.5794	6.0607	4.6593	1.30
19/nov/2001	Cepita (Santander)	6	163	CUAGR	304	3.9113	4.4164	4.2751	1.03
				CGRAL	321	0.3865	0.7482	0.4099	1.83
				CGRAL	321	0.3325	0.3535	0.1919	1.06
12/ene/2002	Oporapa (Huila)	3.5	< 5km	CPLAT	33	1.308	3.4193	1.6312	2.10
12/mar/2002	Santa Isabel (Tolima)	2.3	20	CCALA	67	1.184	1.2905	1.0618	1.09
11/abr/2002	Ibague (Tolima)	2.3	< 5km	CCALA	40	0.174	0.30756	0.22556	1.36
05/may/2002	Santa Isabel (Tolima)	2.1	30	CCALA	62	0.666	1.256	0.878	1.43
12/may/2002	Murillo (Tolima)	2.4	< 5km	CCALA	50	1.012	2.101	0.927	2.08
03/jun/2002	El Dovio (Valle)	3.8	103	CCALA	123	0.617	1.442	0.868	1.66
31/ago/2002	La Plata (Huila)	3.8	< 5km	CPLAT	5	10.3440	15.6620	12.4950	1.25
12/sep/2002	Quimbaya (Quindío)	2.9	< 5km	CCALA	14	3.4400	3.7980	3.6990	1.03
03/feb/2003	Calarcá (Quindío)	2.1	< 5km	CCALA	5	0.4320	0.7850	0.6570	1.19
18/feb/2003	Córdoba (Quindío)	1.3	18.44	CCALA	21	0.2670	0.7070	0.4980	1.42
17/abr/2003	Saldoblanco (Huila)	3.3	< 5km	CPLAT	40	2.3250	3.9180	2.4650	1.59
05/may/2003	Hato (Santander)	4.9	< 5km	CBUIS	67	5.4140	6.3280	4.6690	1.17
07/may/2003	Calarcá (Quindío)	1.35	< 5km	CCALA	8	0.7960	1.7070	0.7730	2.14
				CCALA	9	2.0460	4.1380	1.9170	2.02
11/may/2003	El Cairo (Valle)	3.7	32	CCALA	80	0.5170	0.7270	0.6080	1.20
17/sep/2003	Sipí (Choco)	4.6	24	CECAL	54	1.6510	2.4320	1.9850	1.23
29/dic/2003	Los Santos (Santander)	5.1	154	CFQNE	224	1.4840	1.6210	1.4570	1.09
17/ago/2004	Trujillo (Valle)	3.6	79	CTRUJ	82	0.9970	2.6160	1.0580	2.47
22/ago/2004	Versalles (Valle)	4.2	82	CTRUJ	95	0.7870	0.8990	0.7870	1.14
08/sep/2004	Gigante (Huila)	3.1	< 5km	CPLAT	40	1.7460	2.8750	2.7360	1.05
23/sep/2004	San Agustín (Huila)	3.8	< 5km	CPLAT	83	0.6300	1.5590	1.0560	1.48
03/oct/2004	Los Santos (Santander)	5.6	158	CGRAL	319	0.4600	1.1900	0.5070	2.35
				CGRAL	319	0.2100	0.4120	0.2100	1.96
				CCHIN	305	0.3680	0.7710	0.3650	2.10
25/oct/2004	Los Santos (Santander)	5	155	CFQNE	226	1.1560	1.9900	1.2840	1.55

Tabla 4. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[Con Aceleraciones Verticales de suelo cercanas y \geq a la Aceleración Horizontal Máxima]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
15/nov/2004	Océano Pacífico	6.7	24	MEMTE	255	9.3560	10.2620	6.2520	1.10
				MPALE	254	3.0800	3.4280	2.3440	1.11
				CPMGU	395	1.0950	1.3520	0.7970	1.23
				CCALA	240	2.8260	2.9550	2.4100	1.05
				CVHER	295	1.1700	1.4500	1.1160	1.24
				CCAL7	212	17.1480	19.3470	18.1480	1.07
				CCAL8	212	16.2280	17.9440	13.6730	1.11
				CTRUJ	174	14.6960	22.1380	16.3410	1.35
09/dic/2004	Hato Corozal (Casanare)	4.4	88	CTUN2	185	0.4330	0.5910	0.2520	1.36
11/dic/2004	Los Santos (Santander)	4.5	147	CTUN2	205	0.6620	0.7030	0.3770	1.06
15/dic/2004	Cimitarra (Sant)	4.2	83.2	CTUN2	141	0.4580	0.4860	0.3190	1.06
10/ene/2005	Los Santos (Santander)	4.7	148	CTUN2	205	0.6260	0.6320	0.3660	1.01
				CBUIS	152	3.1130	3.8430	3.3990	1.13
15/ene/2005	Cartago (Valle)	3.2	46	CVERS	55	2.7790	3.2610	2.8310	1.15
27/ene/2005	Los Santos (Santander)	4.6	154	CTUN2	207	0.5800	0.6490	0.3180	1.12
25/feb/2005	Los Santos (Santander)	5.8	162	CGUAD	307	0.8670	1.1600	0.9540	1.22
				CTUN2	218	6.0830	6.5890	2.2320	1.08
				CUAGR	303	1.2290	1.4380	1.3690	1.05
				CUAGR	303	0.3400	0.4530	0.3930	1.15
08/mar/2005	Toro (Valle)	5.2	< 5km	RAC09	128	4.4860	4.9200	2.4130	1.10
				MPALE	84	6.1450	6.1820	3.2770	1.01
				MEMTE	84	7.8660	8.3670	7.6680	1.06
				CIBA3	80	3.1670	6.2750	2.8900	1.98
11/mar/2005	La Victoria (Valle)	2.4	36	CVERS	41	1.3810	1.5180	1.2430	1.10
29/mar/2005	El Cairo (Valle)	2.3	5	CVERS	15	1.3810	1.5330	1.4520	1.06
21/abr/2005	Tadó (Choco)	5.3	90	CRIOS	119	1.0280	1.3340	1.1720	1.14
08/may/2005	Zapatoca (Santander)	5.2	155	CBUIS	158	1.8570	4.6260	1.8120	2.49
03/jul/2005	Córdoba (Quindío)	1	12.19	CCALA	16	0.3150	0.4120	0.3650	1.13
21/ago/2005	La Florida (Nariño)	2.05	5.86	CPAS1	11	3.3380	3.5440	3.2710	1.06
11/sep/2005	Gigante (Huila)	3.3	< 5km	CPLAT	37	1.2650	2.2000	1.7540	1.25
02/oct/2005	Caparrapí (Cundinamarca)	3	15	CNOCA	46	4.0860	7.0260	5.5000	1.28
02/oct/2005	Sipí (Choco)	5.2	112	CRIOS	184	0.5630	0.6610	0.6410	1.03
23/nov/2005	Los Santos (Santander)	4.9	156	CCUC2	203	2.2690	5.0510	3.0030	1.68
24/nov/2005	Cajamarca (Tolima)	3.4	< 5km	CIBA3	8	5.4870	5.9100	5.8970	1.00
12/dic/2005	Gigante (Huila)	3.3	< 5km	CPLAT	41	1.1620	1.9280	1.3680	1.41
18/dic/2005	Calarcá (Quindío)	1.86	1.82	CCALA	2	0.3480	0.9220	0.6500	1.42
22/dic/2005	Argelia (Valle)	3.9	97	CCALA	115	0.5960	1.3220	0.8310	1.59
10/ene/2006	Los Santos (Santander)	5.6	151	CCUC2	205	2.1200	5.9400	2.6800	2.22
24/feb/2006	Tello (Huila)	4	< 5km	CPLAT	126	0.7300	0.9000	0.8800	1.02
15/mar/2006	Los Santos (Santander)	4.6	148	CCUC2	203	2.9800	4.2300	2.4900	1.42
				CCUC3	201	0.6500	0.9200	0.5300	1.42
25/jun/2006	Buenaventura (Valle)	4	47	RAC10	90	1.8300	5.4600	1.9700	2.77
20/ago/2006	Los Santos (Santander)	5.1	158	CFQNE	228	0.9600	1.6200	1.2600	1.29
31/ago/2006	Frontera con Venezuela	4.3	32	CCUC2	35	9.7300	15.6500	8.4400	1.61
18/sep/2006	Alpujarra (Tolima)	3.5	< 5km	CCOLO	15	4.0400	6.9400	4.0600	1.71
08/oct/2006	Cepita (Santander)	4.6	162	CFQNE	236	1.0300	1.3700	1.0500	1.30
27/oct/2006	Pijao (Quindío)	4	< 5km	CIBA3	47	1.7200	3.6600	3.3000	1.11
24/nov/2006	Argelia (Valle)	3.4	99	CCALA	115	0.1400	0.2800	0.2700	1.04

Tabla 4. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[Con Aceleraciones Verticales de suelo cercanas y \geq a la Aceleración Horizontal Máxima]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
25/nov/2006	Ricaurte (Nariño)	3.6	< 5km	CSAMA	27	6.4700	7.0800	3.1800	1.09
01/dic/2006	Los Santos (Santander)	5.4	152	CVHER	332	0.3300	0.9800	0.2700	2.97
13/dic/2006	Cajamarca (Tolima)	2.9	< 5km	CIBA3	25	1.0900	2.1400	1.7100	1.25
25/dic/2006	Los Santos (Santander)	2.2	149	CCUC3	199	1.8800	4.6800	1.4200	2.49
17/ene/2007	Córdoba (Quindío)	2.3	18.7	CCALA	20	0.5100	0.5700	0.4600	1.12
19/ene/2007	Salento (Quindío)	3.8	< 5km	CIBA1	27	2.4800	4.0300	3.1600	1.28
26/ene/2007	Cajamarca (Tolima)	3	72	CCALA	80	0.3400	0.3600	0.3300	1.06
13/feb/2007	Sardinata (Norte de Snatander)	3.2	< 5km	CCUC3	49	1.7200	2.4300	1.7900	1.36
06/mar/2007	Puracé (Cauca)	5	< 5km	CPLAT	66	3.1900	3.2800	3.0300	1.03
12/mar/2007	Prado (Tolima)	4.6	38	CIBA3	99	4.0200	7.2900	5.3600	1.36
				CCOLO	52	9.9700	15.8700	12.2700	1.29
06/may/2007	Los Santos (Santander)	6	151	CVHER	338	2.6500	3.2600	2.9400	1.11
15/may/2007	Córdoba (Quindío)	3.2	< 5km	CCALA	9	6.3800	6.3800	6.2300	1.00
27/may/2007	Chaparral (Tolima)	4.8	< 5km	CIBA3	83	4.8700	7.7000	7.7000	1.00
08/jul/2007	Cepita (Santander)	4.6	150	CCUC2	200	2.2000	4.8800	1.4000	2.22
29/jul/2007	Cepita (Santander)	4.3	154	CCUC3	101	0.5900	0.7700	0.5300	1.31
29/ago/2007	Córdoba (Quindío)	2.2	21.2	CCALA	23	0.4000	0.8600	0.4700	1.83
				CCALA	24	0.1800	0.5500	0.3400	1.62
31/ago/2007	Tadó (Chocó)	4	94	CTRUJ	142	0.5300	1.8600	0.6200	3.00
10/sep/2007	Océano Pacífico	6.2	< 5km	CIPIA	245	5.0900	5.1700	4.9500	1.02
				CPMGU	211	4.5400	4.7600	2.7000	1.05
12/nov/2007	Quimbaya (Quindío)	1.7	< 5km	CCALA	13	0.2700	0.4500	0.2600	1.67
04/dic/2007	Guadalupe (Huila)	2.9	< 5km	CGARZ	24	2.9200	4.6800	3.7600	1.24
14/dic/2007	Los Santos (Santander)	4.2	153	CCUC3	203	0.3700	0.7700	0.4000	1.93
17/feb/2008	Los Santos (Santander)	5.7	155	CCUC2	206	7.8400	8.9700	5.3200	1.14
23/feb/2008	El Playón (Santander)	3.9	130	CCUC3	159	0.6400	1.0700	0.6500	1.65
04/mar/2008	Buenaventura (Valle)	4.3	18	CECAL	77	0.6400	1.0500	0.7500	1.40
28/mar/2008	Los Santos (Santander)	5.6	146	CCUC2	201	2.9700	4.9700	3.2400	1.53
02/may/2008	Los Patios (N de Santander)	2	< 5km	CCUC3	8	1.3100	2.6400	1.0300	2.02
06/may/2008	Cepita (Santander)	4.5	160	CCUC3	205	0.4800	0.7700	0.4500	1.60
19/may/2008	Venezuela	2.6	< 5km	CCUC3	7	0.9800	2.2400	1.3100	1.71
20/may/2008	Piedecuesta (Santander)	4.4	158	CFQNE	236	1.2000	1.6400	1.3800	1.19
24/may/2008	Fómeque (Cundinamarca)	4.5	6	CMARI	34	10.2400	10.5000	10.3600	1.01
				CBOG1	37	0.9100	1.3500	1.1800	1.14
				CIBA3	150	0.5600	2.1700	1.6400	1.32
24/may/2008	San Juanito (Meta)	2.8	14	CQUET	23	19.0200	34.1300	23.5000	1.45
	El Calvario (Meta)	4.4	14	CMARI	43	6.1900	10.5900	5.2400	1.71
	El Calvario (Meta)	4	10	CBOG1	48	1.6000	1.9700	1.4000	1.23
				CBOG1	48	0.6300	0.6900	0.5800	1.10
				CGRAL	50	0.8000	1.3600	0.9000	1.51
				CVIL1	32	2.9400	2.9900	2.3600	1.02
24/may/2008	Quetame (Cundinamarca)	5.7	< 5km	CUAGR	46	4.6100	4.4300	3.6300	0.96
31/may/2008	Junín (Cundinamarca)	1.9	18	CQUE2	49	3.0500	5.0800	4.8900	1.04
03/jun/2008	El Calvario (Meta)	2.2	< 5km	CQUE2	14	4.2300	8.0600	4.2100	1.91
29/ago/2008	Fómeque (Cundinamarca)	2.1	< 5km	CQUET	20	2.2100	5.2700	4.7800	1.10
13/sep/2008	Chinchiná (Caldas)	5.2	136	CARBE	205	1.1400	1.1700	0.8000	1.03
				CECAL	209	1.5100	1.6800	1.6300	1.03
				CPLA1	213	2.5800	5.0700	3.7100	1.37

Tabla 4. Listado de los Acelerogramas Registrados por la RNAC [1993 A 2009] (continuación)
[Con Aceleraciones Verticales de suelo cercanas y \geq a la Aceleración Horizontal Máxima]

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
30/sep/2008	Zapatoca (Santander)	4.2	141	CCUC3	206	0.5000	0.7200	0.5300	1.36
12/oct/2008	San Juanito (Cundinamarca)	3.2	< 5km	CVIL1	35	2.1700	4.4500	2.8300	1.57
23/oct/2008	Yacopí (Cundinamarca)	3.5	92	CVHER	137	0.4000	0.8300	0.6900	1.20
31/oct/2008	Tulúa (Valle)	1.6	< 5km	CTRUJ	32	1.2300	1.5100	0.6000	1.23
29/nov/2008	Los Santos (Santander)	4.2	154	CFQNE	229	1.0100	1.5800	1.3400	1.18
09/dic/2008	Trujillo (Valle)	2.9	32	CTRUJ	37	0.7400	1.3400	1.3300	1.01
17/ene/2009	Circasia (Quindío)	2.3	5	CCALA	10	0.7390	1.6990	0.7710	2.20
11/feb/2009	Córdoba (Quindío)	2.2	22.7	CCALA	24	0.5490	1.2460	0.8560	1.46
16/mar/2009	El Cairo (Valle)	3.3	108	CCALA	133	0.6380	1.5690	0.9380	1.67
19/mar/2009	Versalles (Valle)	2.2	6	CVERS	7	1.7610	1.8440	1.5410	1.05
23/mar/2009	Circasia (Quindío)	3.7	6	CCALA	14	12.4120	15.5860	8.7410	1.26
07/abr/2009	Sardinata (Norte de Santander)	3.2	12	CCUC3	37	1.2550	1.2570	1.0370	1.00
20/abr/2009	San Alberto (Cesar)	5.1	123	CCUC3	173	3.9450	5.1510	3.7620	1.31
05/may/2009	Nataqa (Huila)	2.7	4	CPLAT	26	0.8520	2.2950	0.6550	2.69
14/jun/2009	Túquerres (Nariño)	3.9	142	CTUM2	199	0.0950	0.2330	0.1160	2.01
16/jun/2009	Armenia (Quindío)	3	18.2	CCALA	19	0.2580	0.4720	0.3630	1.30
07/jul/2009	Barbacoas (Nariño)	2.4	52	CTUM2	91	0.0240	0.0280	0.0230	1.17
24/jul/2009	La Llanada (Nariño)	2.5	14	CTUM2	116	0.009	0.012	0.011	1.09
21/sep/2009	Sevilla (Valle)	1.9	20	CCALA	41	0.174	0.299	0.244	1.23
23/sep/2009	Tesalia (Huila)	2.9	1.4	CPLAT	21	2.592	3.995	2.238	1.54
18/oct/2009	Olava Herrera (Nariño)	2.8	78	CTUM2	104	0.027	0.039	0.026	1.44
27/oct/2009	Los Santos (Santander)	5.5	147	CGRAL	305	0.456	0.979	0.564	1.74
				CGRAL	305	0.171	0.515	0.133	3.01
02/nov/2009	Argelia (Valle)	3.4	83	CCALA	101	0.435	0.681	0.581	1.17
18/nov/2009	Durania (N de Santander)	2.9	3.9	CCUC3	30	0.704	1.571	0.852	1.84
28/dic/2009	Ayapel (Córdoba)	2.6	60	CMON2	147	0.016	0.036	0.018	2.00
30/dic/2009	Caucasia (Antioquia)	3.1	22	CMON2	152	0.07	0.08	0.043	1.14

Fuente: [13] INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS y RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS DE COLOMBIA RNAC. Boletines de movimientos fuertes, noviembre de 1993 a diciembre de 2009. Vol 1-15, ISSN 1692-1348.

Se observa que las relaciones **V/Hs** presentan unos valores muy superiores, que igualmente se reflejan en la relación de los espectros de respuesta **V/H** y contrario a lo que afirman algunos autores [12], la componente **V** puede sobrepasar a la componente **H** a distancias superiores a 30 Km.; y vale recalcar sobre la importancia de considerar los efectos locales de sitio, en el sentido vertical, debido a los cuales encontramos aceleraciones del suelo altas a distancias mayores que otras más cercanas al epicentro.

Tabla 5. Acelerogramas Registrados del Sismo en Cimitarra (Santander)
8 de Marzo de 1998 [Mag: 5.52, Prof: Sup<5km.]

ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA Suelo [Gal]			Relación V/Hs máx	Relación V/H	Geología
		E - W	VERT.	N - S			
CFQNE	90	9.516	2.686	7.212	0.28	0.18	Roca
CSLUI	126	11.340	6.980	18.560	0.38	0.52	Roca
CBUC1	130	1.012	0.550	0.109	0.54	0.62	Roca
CROSA	165	1.405	0.854	1.221	0.61	0.71	Roca
CPENS	172	12.050	2.931	13.900	0.21	0.22	Roca
CBOG1	182	2.135	0.846	1.499	0.40		Roca
CCHIN	193	1.307	0.676	0.430	0.52	0.48	Roca
CVHER	194	1.541	2.130	2.036	1.05	1.3	Roca
CFILA	216	0.674	0.390	5.572	0.07		Roca
CVIL1	234	1.325	0.712	1.321	0.54	0.42	Roca
CPLA1	117	3.521	5.959	5.572	1.07		Suelo
CNOBS	119	2.885	1.637	2.885	0.57		Suelo
CBUC4	130	1.893	1.071	1.893	0.57		Suelo
CBOG3	182	0.846	0.716	1.324	0.54		Suelo

Fuente: [13] INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS y RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS DE COLOMBIA RNAC. Boletines de movimientos fuertes, noviembre de 1993 a diciembre de 2009. Vol 1-15, ISSN 1692-1348.

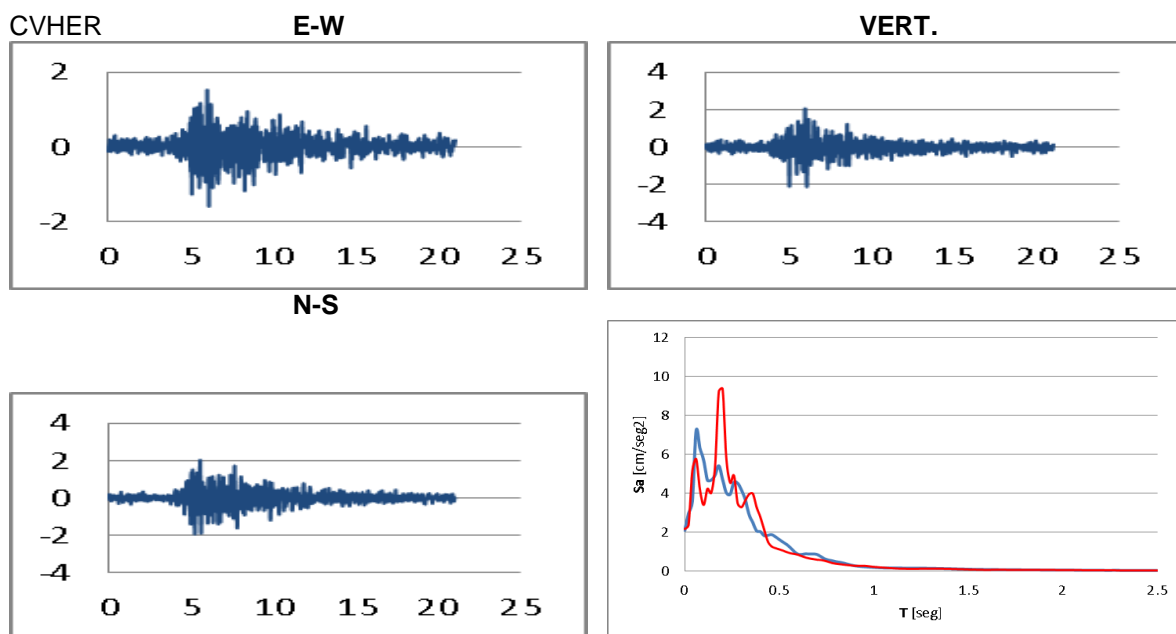


Fig. 3. Registros sísmicos de Aceleración del suelo [cm/seg²] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor — y la componente vertical — Sa [cm/seg²] vs Periodo T [seg] del sismo de Cimitarra del 8 de marzo de 1998 (ver Anexo A).

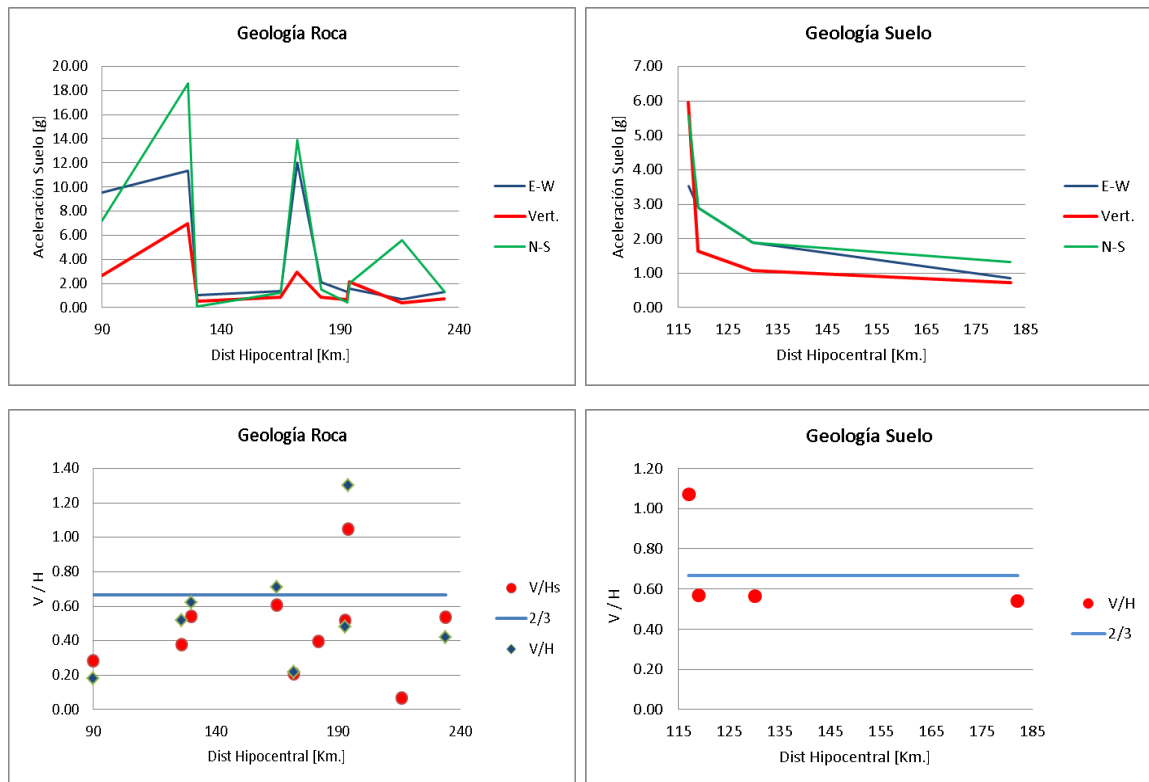


Fig. 4. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg²] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones picos del espectro de respuesta con la NSR10 V/H=2/3 vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo de Cimitarra del 8 de marzo de 1998.

La mayoría de los registros, muestran una tendencia de la relación de las aceleraciones pico $V/H < 2/3$; pero la figura 5 indica relaciones espectrales $V/H > 2.5$, relevantes para periodos T cortos (0.5 seg) por la magnitud de las aceleraciones en ese rango. Los datos en suelo rocoso, presentan aceleraciones del suelo altas, en sitios alejados del epicentro que otros que están cerca.

Los sismos son impredecibles en tiempo, modo y lugar y las componentes horizontales y vertical, tienen esa misma característica; por la heterogeneidad que presenta el suelo; de tal forma que cada sismo es único y sus efectos no son previsibles, pero el análisis de los datos históricos nos permiten garantizar o adoptar un factor de seguridad aceptable, en el diseño de las estructuras.

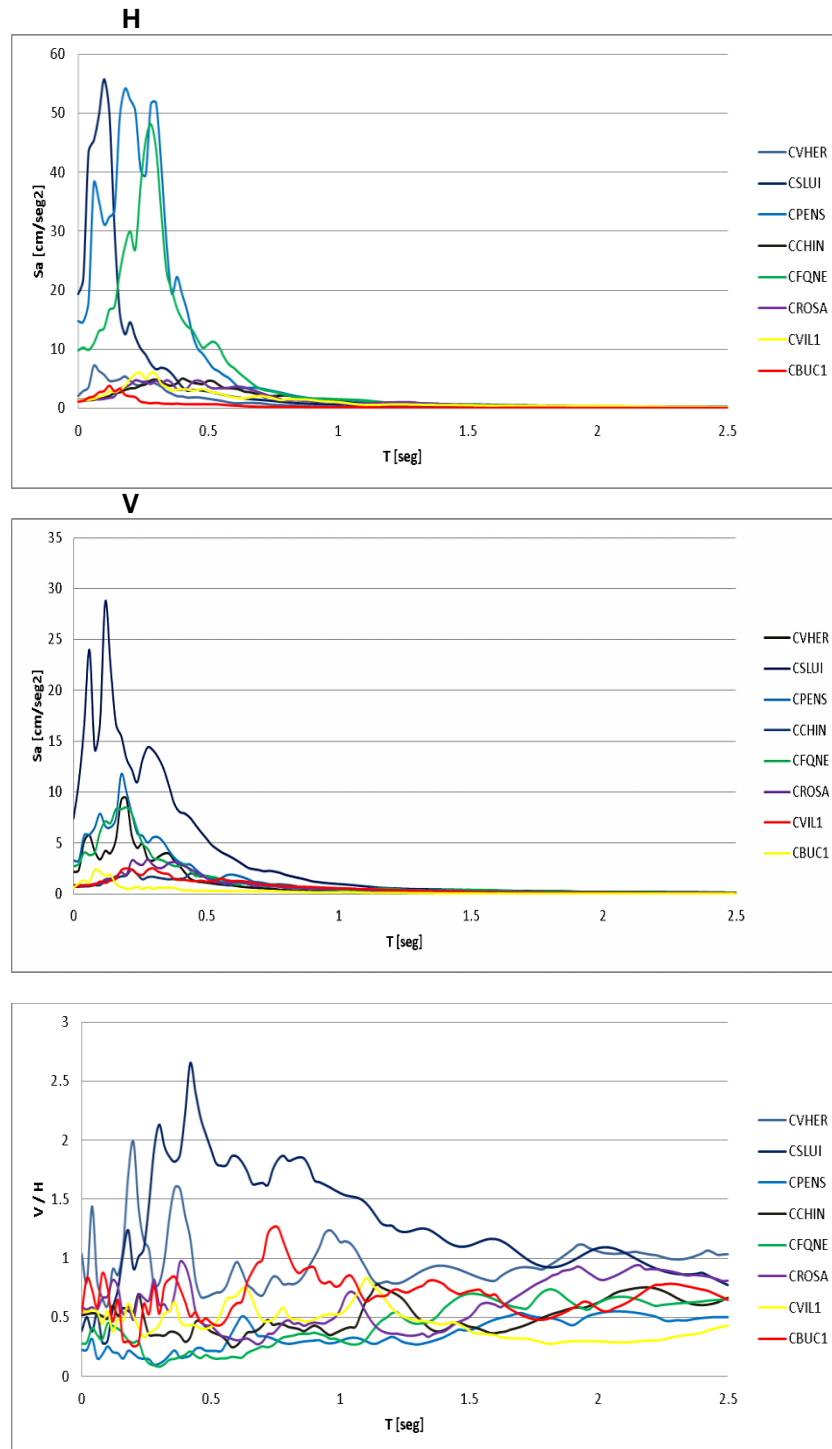


Fig. 5. Espectros de respuesta H y V [cm/seg²] vs T [seg] y Relación espectral V/H vs T [seg]; del sismo de Cimitarra del 8 de marzo de 1998.

Tabla 6. Acelerogramas Registrados del Sismo en Armenia (Quindío)
25 de Enero de 1999 [Mag: 6.2, Prof: Sup<5km.]

ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁX. Suelo [Gal]			Relación V/Hs máx	Relación V/H	Geología
		E - W	VERT.	N - S			
CTOCH	94	3.581	2.802	2.724	0.78	0.88	Roca
CVHER	97	6.477	12.020	5.417	1.86	2.46	Roca
CFILA	100	8.852	5.267	9.645	0.55	0.61	Roca
CRIOS	112	7.423	7.117	7.099	0.96	1.26	Roca
CECAL	112	2.367	1.471	2.231	0.62	0.93	Roca
CPRAD	117	6.937	5.483	5.503	0.79	0.84	Roca
CPENS	125	21.110	7.142	25.040	0.29	0.32	Roca
CDAGU	138	3.166	3.446	3.962	0.87	0.76	Roca
CANDE	141	6.162	4.758	10.110	0.47	0.35	Roca
CARBE	144	6.706	2.657	5.822	0.40	0.47	Roca
CGUAD	145	6.257	3.252	6.338	0.51	0.5	Roca
CSONS	148	3.761	2.715	6.096	0.45	0.29	Roca
CCOLO	153	15.010	7.725	13.870	0.51	0.37	Roca
CNORC	158	6.959	4.550	6.613	0.65	0.74	Roca
CROSA	162	3.183	1.765	4.202	0.42	0.46	Roca
CBOG1	184	3.782	1.937	0.599	0.51	0.31	Roca
CSNBA	184	1.572	1.121	1.174	0.71	0.43	Roca
C BETA	192	5.266	2.916	6.926	0.42	0.44	Roca
CPLAT	227	5.327	4.884	8.246	0.59	0.51	Roca
CARME	13	518.400	448.200	580.100	0.77		Suelo
CFLAN	33	554.900	182.200	477.800	0.33		Suelo
C BOCA	48	82.740	27.490	49.000	0.33		Suelo
CPER	48	207.800	95.840	141.500	0.46		Suelo
CMAN	76	85.910	57.200	102.500	0.56		Suelo
CCALI	142	21.600	7.953	17.180	0.37		Suelo
C BUEN	162	15.310	3.713	20.710	0.18		Suelo
CNEIV	171	15.530	11.290	17.180	0.66		Suelo
CBOG2	184	3.807	1.646	4.427	0.37		Suelo
CPOP2	236	5.925	2.864	4.438	0.48		Suelo

Fuente: [13] INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS y RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS DE COLOMBIA RNAC. Boletines de movimientos fuertes, noviembre de 1993 a diciembre de 2009. Vol 1-15, ISSN 1692-1348.

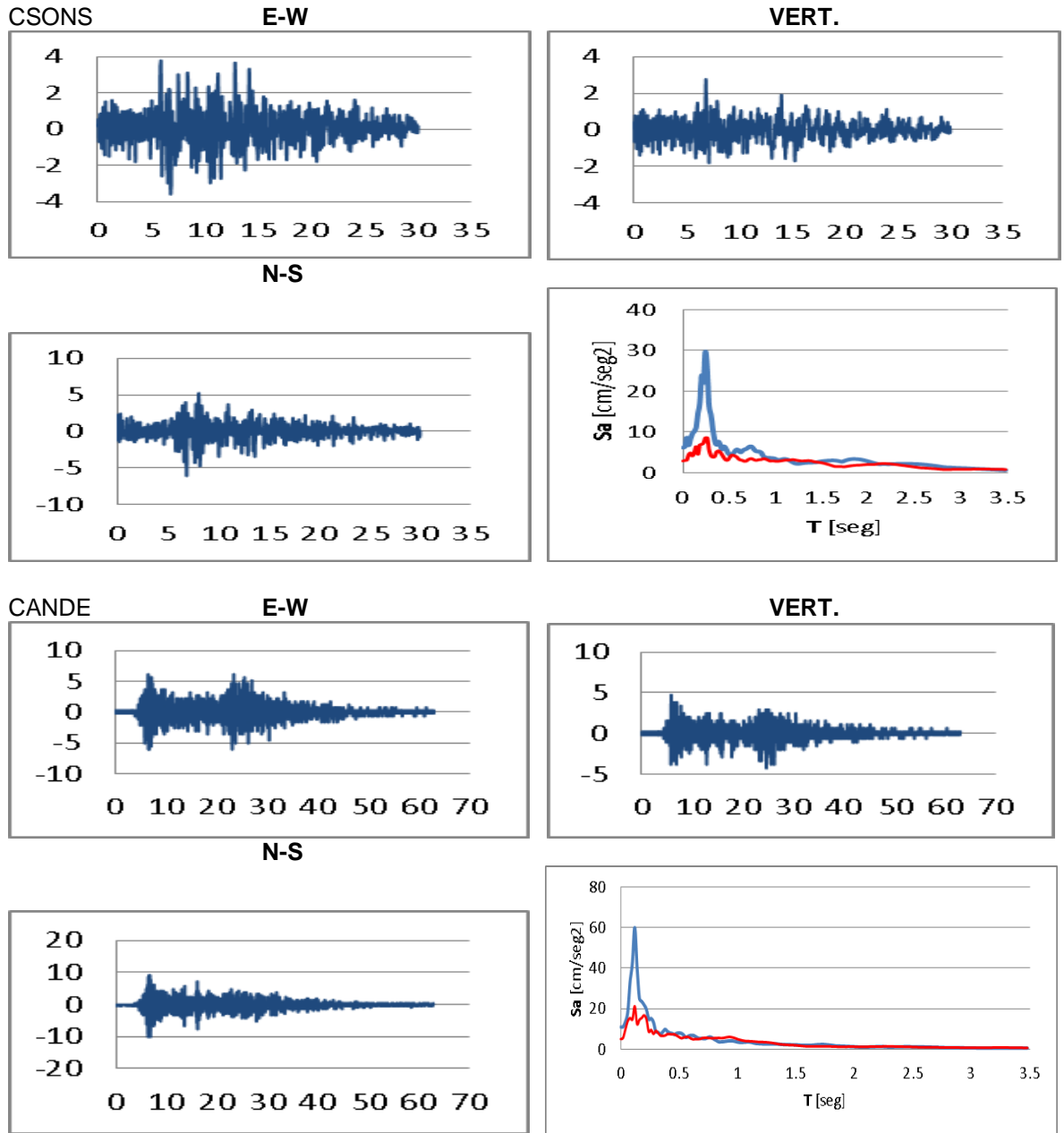


Fig. 6. Registros sísmicos de Aceleración del suelo [cm/sec²] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor — y la componente vertical — Sa [cm/sec²] vs Periodo T [seg] del sismo de Armenia del 25 de enero de 1999 (ver Anexo A).

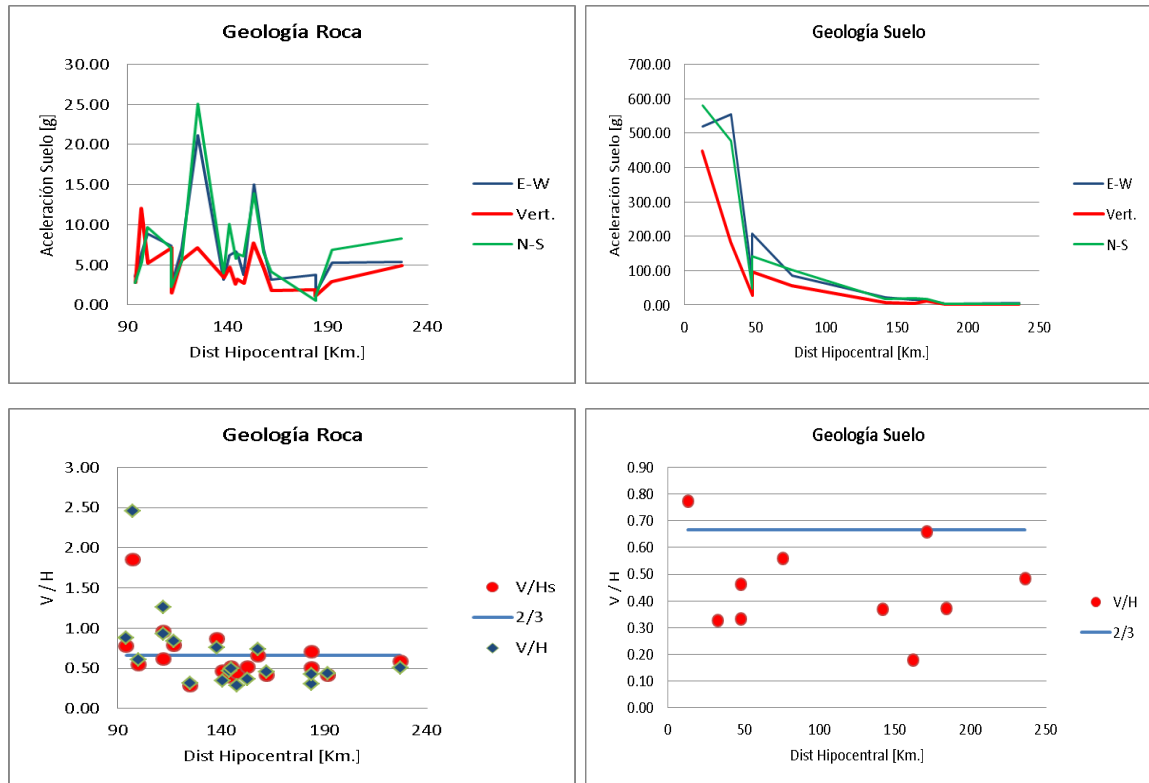


Fig. 7. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg^2] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones picos del espectro de respuesta con la NSR10 $V/H=2/3$ vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo de Armenia del 25 de enero de 1999.

En los recientes eventos sísmicos se evidencia que el colapso, de estructuras existentes en concreto reforzado y mampostería estructural y elementos no estructurales de edificaciones, especialmente los soportados por voladizos, obedece al efecto de la componente vertical sísmica; sin embargo estas evidencias no están respaldadas con estudios analíticos comprensibles o pruebas experimentales[12], pero los resultados arrojados por las nuevas investigaciones corroboran el devastador efecto que puede ocasionar la componente vertical sísmica en los elementos estructurales.

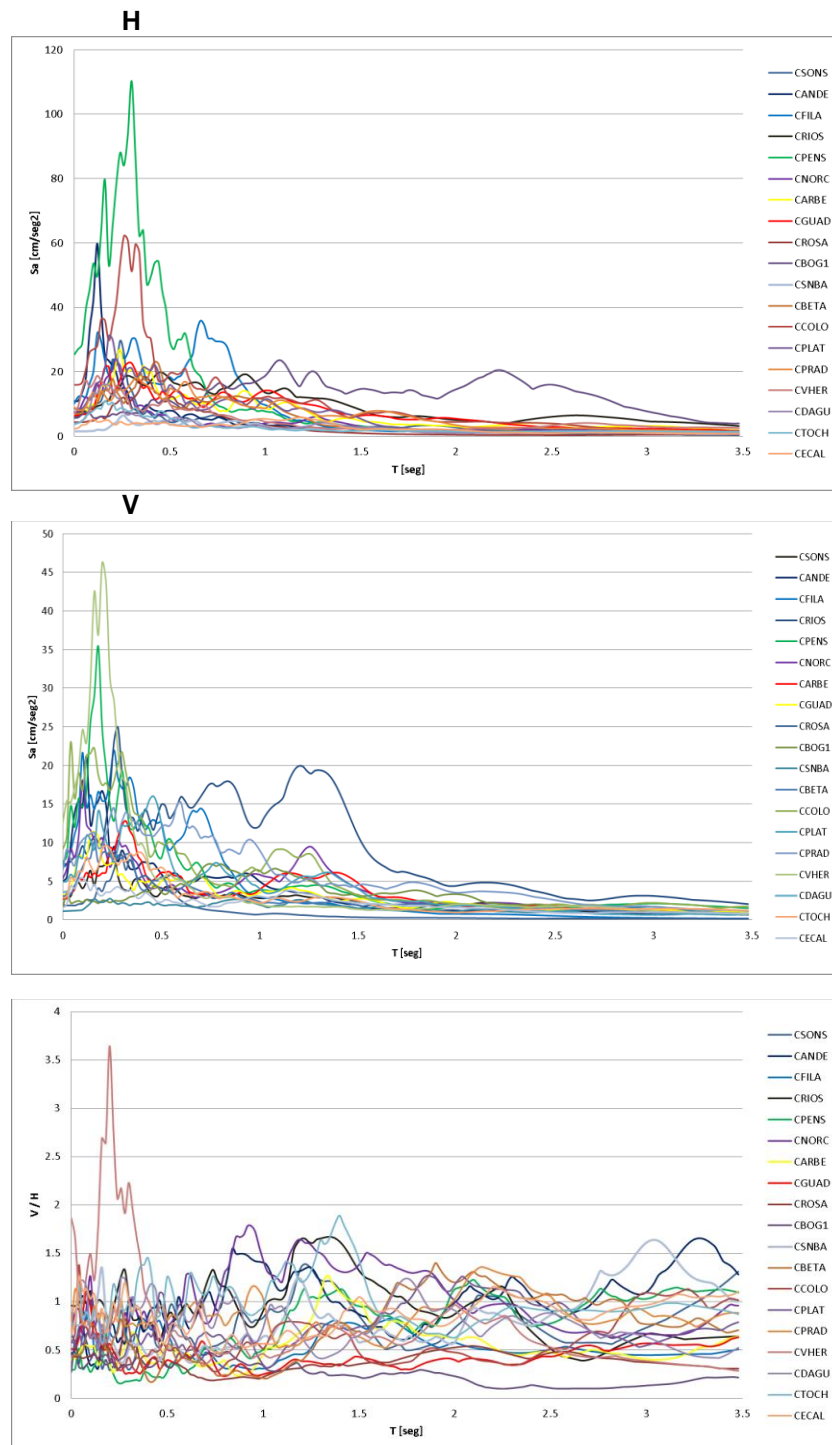


Fig. 8. Espectros de respuesta H y V [cm/seg²] vs T [seg] y Relación espectral V/H vs T [seg]; del sismo de Armenia del 25 de enero de 1999.

Tabla 7. Acelerogramas Registrados del Sismo en el Oceano Pacífico (Colombia)
15 de Noviembre de 2004 [Mag: 6.7, Prof: 24 Km.]

ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁX. Suelo [g_{al}]			Relación V/Hs máx	Relación V/H	Geología
		E - W	VERT.	N - S			
CBMAL	102	72.632	25.170	95.623	0.26	0.22	Roca
CECAL	169	17.011	9.864	8.812	0.58		Roca
CTRUJ	174	14.696	22.138	16.341	1.35	1.18	Roca
RAC07	202	39.451	20.618	29.615	0.52	0.41	Roca
PEFIL	214	5.266	4.692	6.164	0.76	0.68	Roca
CRIOS	237	2.134	2.543	2.709	0.94	1.13	Roca
CCALA	240	2.826	2.955	2.410	1.05	0.76	Roca
CFILA	250	2.332	1.953	2.215	0.84	1.16	Roca
CVHER	295	1.170	1.450	1.116	1.24	1.79	Roca
CPENS	296	7.747	3.107	11.338	0.27	0.3	Roca
RAC04	205	24.685	11.964	22.430	0.48		SF
CVERS	176	49.723	25.133	47.084	0.51		Suelo
CCAL6	201	10.793	9.686	11.459	0.85		Suelo
CCAL5	204	54.630	28.490	31.458	0.52		Suelo
RAC05	205	35.434	29.922	38.331	0.78		Suelo
RAC08	205	42.935	29.238	46.487	0.63		Suelo
RAC03	206	40.643	24.819	61.513	0.40		Suelo
RAC06	206	108.490	37.237	79.393	0.34		Suelo
RAC02	211	33.135	13.874	50.454	0.27		Suelo
RAC10	211	59.767	22.936	67.477	0.34		Suelo
CCAL7	212	17.148	19.347	18.148	1.07		Suelo
CCAL8	212	16.228	17.944	13.673	1.11		Suelo
RAC11	214	63.435	25.178	55.579	0.40		Suelo
CPTEJ	231	29.140	12.344	22.846	0.42		Suelo
PEMAZ	231	11.876	4.229	11.437	0.36		Suelo
SRHOS	231	26.718	6.766	22.387	0.25		Suelo
PEUTP	232	10.306	3.037	8.647	0.29		Suelo
DOLRO	233	16.816	7.044	17.355	0.41		Suelo
CPOST	236	23.527	11.539	24.911	0.46		Suelo
MCOLO	250	15.463	13.743	4.977	0.89		Suelo
MPALE	254	3.080	3.428	2.344	1.11		Suelo
MEMTE	255	9.356	10.262	6.252	1.10		Suelo
MUNAL	255	13.282	4.341	13.821	0.31		Suelo
CMAN1	262	16.585	4.458	16.976	0.26		Suelo
MEUDM	287	2.994	1.321	3.498	0.38		Suelo
MEUEA	288	1.830	1.577	1.871	0.84		Suelo
CIBA3	289	1.760	2.583	2.781	0.93		Suelo
CPOP2	291	25.380	6.602	19.289	0.26		Suelo

Tabla 7. Acelerogramas Registrados del Sismo en el Océano Pacífico (Colombia)
15 de Noviembre de 2004 [Mag: 6.7, Prof: 24 Km.] (continuación)

ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁX. Suelo [Gal]			Relación V/Hs máx		Geología
		E - W	VERT.	N - S			
MESEM	292	3.789	1.826	4.095	0.45		Suelo
MECSJ	293	1.612	1.199	2.401	0.50		Suelo
MEEVH	294	1.465	1.062	3.232	0.33		Suelo

Fuente: [13] INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS y RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS DE COLOMBIA RNAC. Boletines de movimientos fuertes, noviembre de 1993 a diciembre de 2009. Vol 1-15, ISSN 1692-1348.

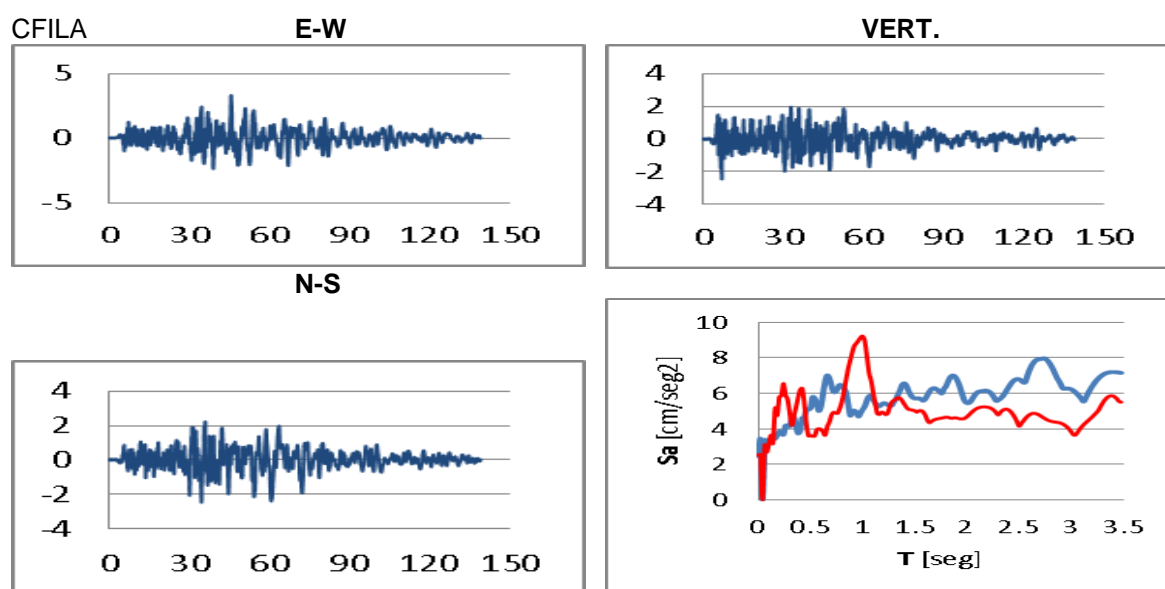


Fig. 9. Registros sísmicos de Aceleración del suelo [cm/seg^2] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor — y la componente vertical — S_a [cm/seg^2] vs Periodo T [seg] del sismo del Océano Pacífico del 15 de noviembre de 2004.

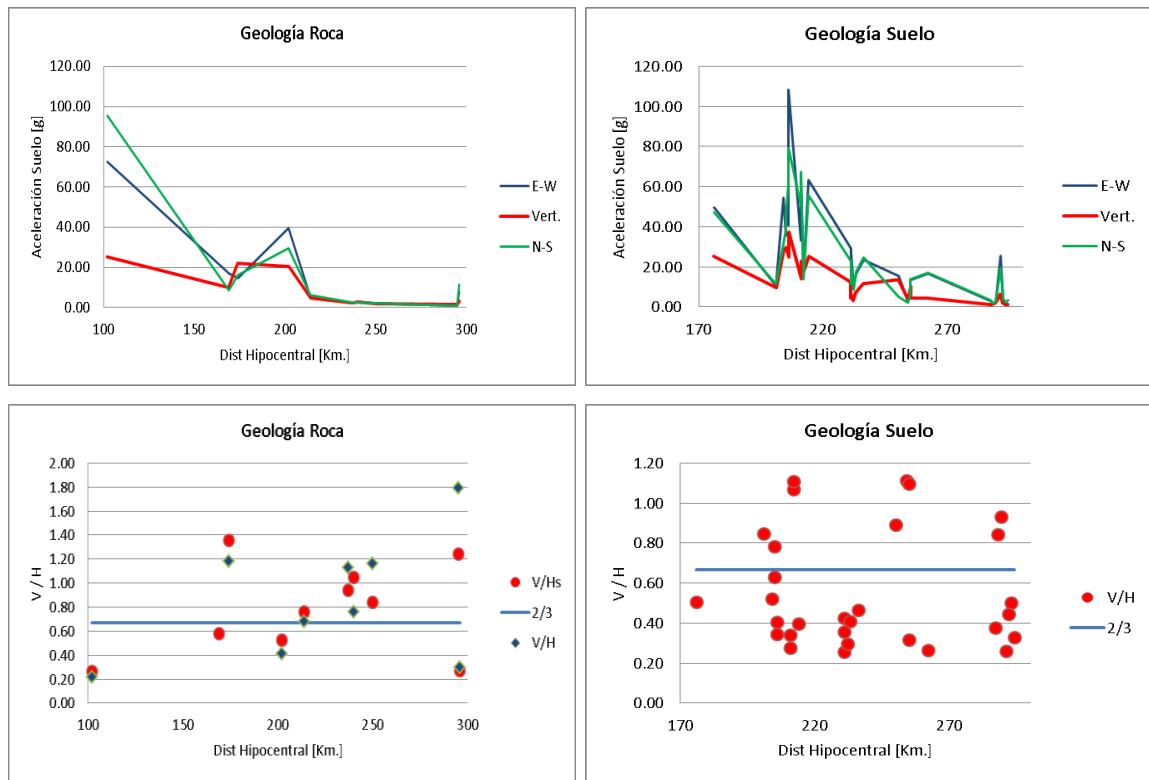
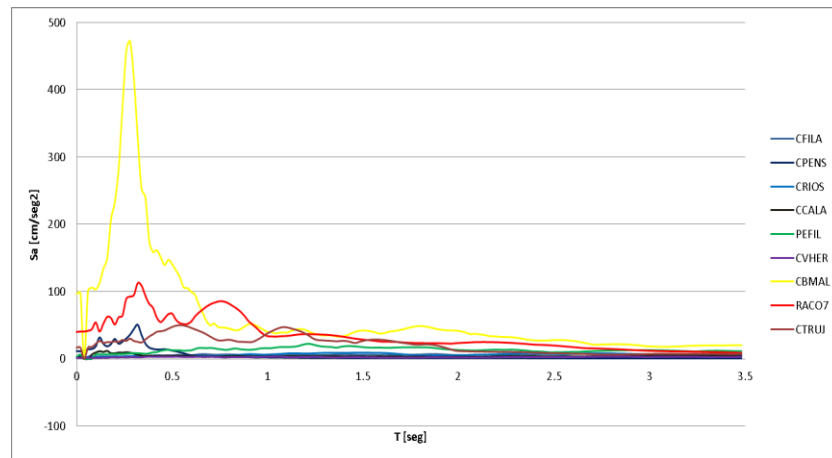


Fig. 10. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg²] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones picos del espectro de respuesta con la NSR10 $V/H=2/3$ vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo del Oceano Pacífico del 15 de noviembre de 2004.



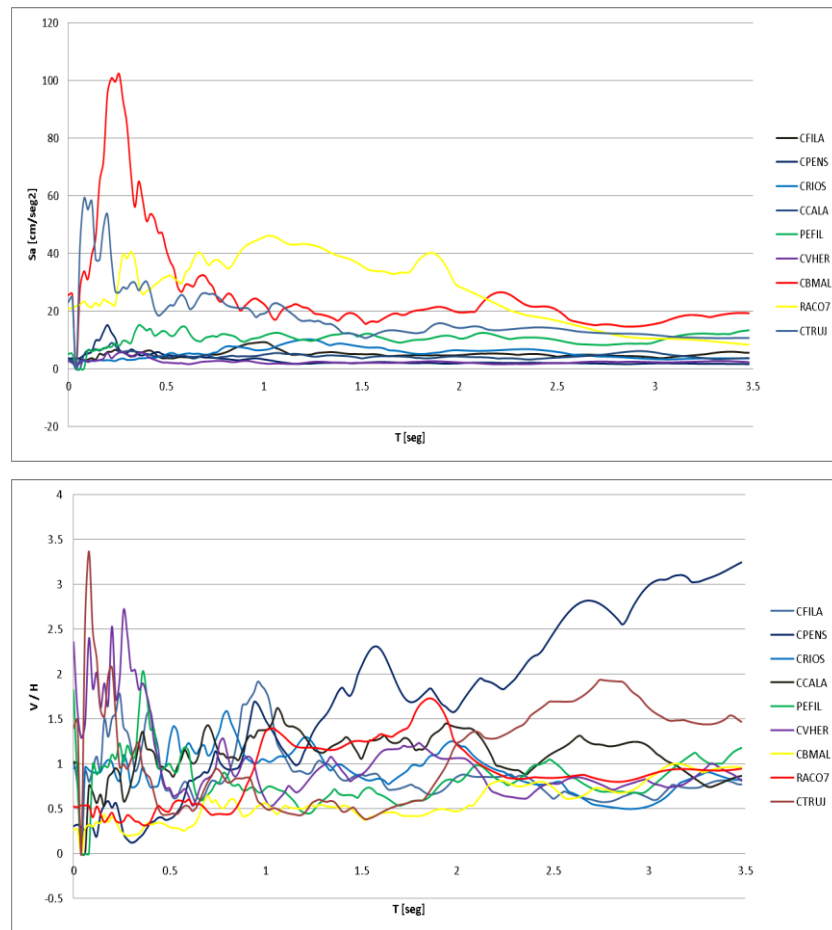


Fig. 11. Espectros de respuesta H y V [cm/seg²] vs T [seg] y Relación espectral V/H vs T [seg]; del sismo del Océano Pacífico del 15 de noviembre de 2004.

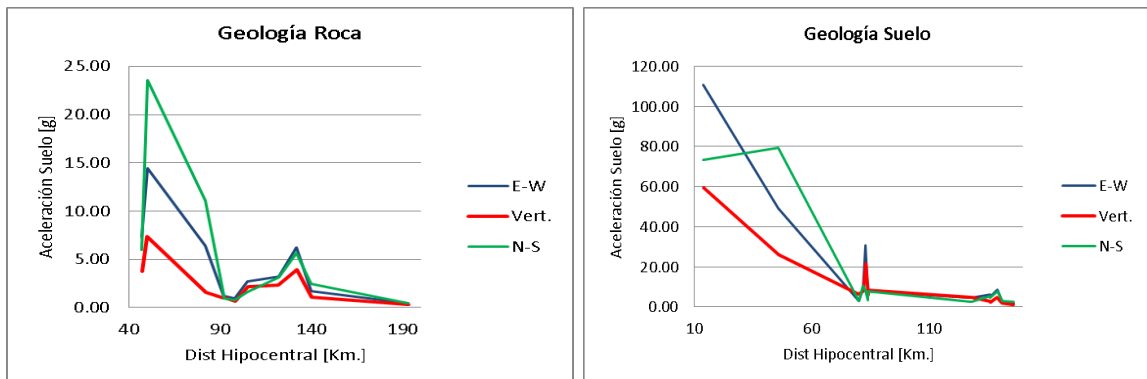
Tabla 8. Acelerogramas Registrados del Sismo en Toro (Valle)
8 de Marzo de 2005 [Mag: 5.2, Prof: Sup<5 Km.]

ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA [Gal]			Relación V/Hs máx	Geología
		E - W	VERT.	N - S		
CTRUJ	47	7.293	3.795	5.965	0.52	Roca
CCALA	50	14.437	7.340	23.544	0.31	Roca
CANSE	82	6.432	1.613	11.111	0.15	Roca
CECAL	92	1.142	0.964	1.186	0.81	Roca
CIBA2	92	1.237	1.067	1.003	0.86	Roca
CFILA	98	0.961	0.691	0.766	0.72	Roca
CTOCH	105	2.759	2.165	1.643	0.78	Roca
CDAGU	122	3.258	2.364	3.142	0.73	Roca

Tabla 8. Acelerogramas Registrados del Sismo en Toro (Valle)
8 de Marzo de 2005 [Mag: 5.2, Prof: Sup<5 Km.] (continuación)

ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA [Gal]			Relación V/Hs máx	Geología
		E - W	VERT.	N - S		
RAC07	132	6.207	3.974	5.683	0.64	Roca
CTUTU	140	1.703	1.080	2.499	0.43	Roca
CSHEL	193	0.464	0.326	0.434	0.70	Roca
RAC04	141	5.923	2.772	4.257	0.47	SF
CVERS	14	110.620	59.554	73.346	0.54	Suelo
CPOST	46	49.302	25.962	79.248	0.33	Suelo
CIBA3	80	3.167	6.275	2.890	1.98	Suelo
CMAN1	82	9.188	7.964	10.567	0.75	Suelo
MCOLO	83	30.713	21.635	8.048	0.70	Suelo
MPALE	84	6.145	6.182	3.277	1.01	Suelo
MEMTE	84	7.866	8.367	7.668	1.06	Suelo
RAC09	128	4.486	4.920	2.413	1.10	Suelo
RAC05	136	6.142	2.856	5.354	0.46	Suelo
RAC06	136	4.959	2.454	4.483	0.49	Suelo
RAC03	139	8.703	4.965	7.762	0.57	Suelo
RAC02	141	2.626	1.924	3.133	0.61	Suelo
RAC01	146	1.990	1.044	2.506	0.42	Suelo

Fuente: [13] INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS y RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS DE COLOMBIA RNAC. Boletines de movimientos fuertes, noviembre de 1993 a diciembre de 2009. Vol 1-15, ISSN 1692-1348.



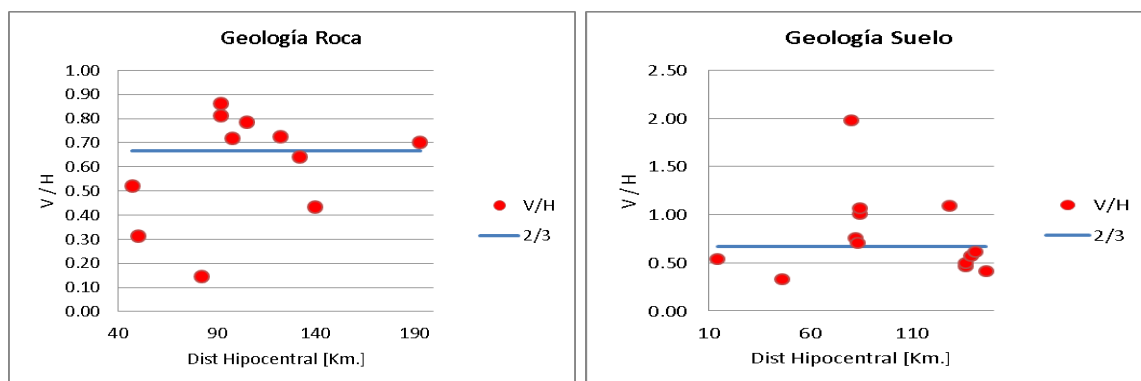


Fig. 12. Aceleraciones pico del suelo (E-W, V, N-S) [cm/seg²] vs Distancia Hipocentral [Km] y Comparación de V/Hs de las aceleraciones pico del suelo y V/H de las pseudoaceleraciones pico del espectro de respuesta con la NSR10 V/H=2/3 vs Distancia Hipocentral [Km]; del sismo de Toro (Valle) del 8 de marzo de 2005.

Tabla 9. Eventos Sísmicos Importantes a Nivel Mundial

FECHA	SISMO	MAG [ML]	PROF [km]	ESTACIÓN	DIST [km]	ACELERACIÓN MÁXIMA S [Gal]			Relación V/Hs máx
						E - W	VERT.	N - S	
06/abr/2009	L'Aquila (Italy)	6.3		AQA		0.404	0.470	0.444	1.06
				AQG		0.475	0.243	0.517	0.47
				AQK		0.334	0.372	0.354	1.05
				AQV		0.659	0.522	0.546	0.79
1995	Hyogo-ken Nanbu			JMA Kobe	617.00	332.00	818.00	0.41	
2000	Tottori-ken Seibu			TTRH02	756.00	776.00	924.00	0.84	
2003	Miyagi-ken Oki			IWTH04	723.00	1280.00	730.00	1.75	
2004	Niigata-ken Chuetso			Kaguaguchi	1676.00	870.00	1142.00	0.52	
				Yamakoshi	722.00	1059.00	524.00	1.47	
				Ojiya	897.00	730.00	779.00	0.81	
				NIGO19	1308.00	820.00	1144.00	0.63	
2008	Iwate-Miyagi-Nairiku			IWTH25	1433.00	3866.00	1143.00	2.70	
				AKTH04	1319.00	1095.00	2448.00	0.45	
				IWTH26	889.00	928.00	1054.00	0.88	
18/oct/1989	Loma Prieta	7	17.5	Corralitos	48.00	45.50	64.40	0.71	
17/jun/1994	Northridge	6.7	17.5	Arleta fire	30.80	55.20	24.00	1.79	
				Sylmar	89.70	58.50	61.40	0.65	
16/jun/1995	Kobe	6.9	17.9	Kobe	31.00	38.00	29.00	1.23	
				Port Island	27.80	56.20	31.50	1.78	

Fuentes: [3], [12], [17]

1.3. CORRELACIÓN DE LA COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA

Claramente se aprecia que no hay correlación alguna entre la componente vertical sísmica y la horizontal; por tal razón no es correcto ni seguro adoptar, para el diseño sísmico, un valor de V/H ; ni mucho menos el establecido por la mayoría de normas y códigos de $V/H=2/3$ (Newmark et al.. 1973), cuyo valor está muy por debajo de los resultados encontrados, al igual que lo expuesto en estudios recientes relativos al tema de la componente V .

Es conveniente y preciso, tal como lo manifiestan los estudios de Saragoni y Hart (1974), Elnashai (1997), Perea et al. (2001), entre muchos otros [28]; considerar un espectro de diseño vertical, que tenga en cuenta los efectos de sitio; ya que la componente vertical V depende de la magnitud, la distancia epicentral, la profundidad, el periodo de oscilación y el tipo de suelo [28], [35].

Para ello es necesario orientar estudios investigativos que permitan establecer parámetros para cuantificar y considerar un factor de reducción, con el fin de obtener el espectro inelástico; con base en unos valores acertados, deducidos analíticamente, de la ductilidad de los sistemas estructurales y elementos estructurales y el coeficiente de amortiguamiento, en el sentido vertical.

1.4. COMPONENTE VERTICAL SÍSMICA ADOPTADA POR LAS NORMAS Y CÓDIGOS DE OTROS PAÍSES

Como ya se ha mencionado, muchos países (Chile INN-1999, Ecuador CEC-2002, México RCDF-2004 y RCMP-1999, España NCSR-2004, Perú NTE0.30-DSR, USA ICC IBC-2005, entre otros) [28] han adoptado un valor de la componente vertical que va desde no considerarla o de $1/2$ a $2/3$ de la magnitud de la componente horizontal, en función de la relación V/H ; además de algunas recomendaciones para incrementar la carga muerta [15%-30%], en elementos como los extremos de voladizos y en vigas de gran longitud.

Tabla 10. Resumen comparativo sobre las consideraciones reglamentarias para la componente sísmica vertical en códigos sísmicos mundiales.

PAÍS	REFERENCIA	MÉTODO ESTÁTICO	MÉTODO DINÁMICO
USA	UBC, 1997	$\uparrow F_V = 0.7 \cdot C_H \cdot I \cdot CM$ Voladizos en zonas sísmicas 3 y 4	$A_V(T_V) = 2A_H(T_H)/3$ Considerar modos con $m^* > 90\%$
	FEMA-368, 2000	$\uparrow F_V = 0.2 \cdot CM$ Vigas, voladizos y presforzados $\updownarrow F_V = 0.2 \cdot C_V \cdot CM$ Vigas de edificios	$A_V(T_V) = 2A_H(T_H)/3$ otras estructuras
México	RCEG, 1990	$\updownarrow F_V = 2 \cdot C_H \cdot (CM + CV)/3$	$A_V(T_V) = 2 \cdot A_H(T_H)/3$
	MDOC, 1993	$\updownarrow F_V = 2 \cdot C_H \cdot (CM + CV)/3$	$A_V(T_V) = C_{V/H} \cdot A_H(T_H)$ $C_{V/H}=2/3$; $C_{V/H}=3/4$ (Industrias)
	RCMP, 1999	$\updownarrow F_V = 2 \cdot C_H \cdot (CM + CV)/3$	$A_V(T_V) = 2 \cdot A_H(T_H)/3$
	NTCDS-RCDF, 2000	No Aplica	No Aplica
Cuba	NC53-114, 1999	$\updownarrow F_V = 0.75 \cdot C_H \cdot I \cdot CM$ Voladizos, balcones, arcos, elementos horizontales pretensados o con claros mayores a 20m.	No Aplica
El Salvador	NTDS-RSECES, 1997	$\uparrow F_V = 0.50 \cdot C_H \cdot CM$ Voladizos horizontales	$A_V(T_V) = 2 \cdot A_H(T_H)/3$
Nicaragua	NSN, 1990	$\updownarrow F_V = 0.40 \cdot (CM + CV)$	$A_V(T_V) = A_H(T_H)$
Costa Rica	CSCR, 1986	$\updownarrow F_V = 2 \cdot C_H \cdot (CM + CV)/3$ Losas planas, vigas de gran claro, voladizos, columnas con grandes esfuerzos axiales.	$A_V(T_V) = 2 \cdot A_H(T_H)/3$
Ecuador	CEC, 2000	$\updownarrow F_V = 2 \cdot C_H \cdot I \cdot S \cdot (CM + CV)/3$	$A_V(T_V) = 2 \cdot A_H(T_H)/3$
Perú	NDS-RCP, 1977	$\updownarrow F_V = C_V \cdot (CM + CV)$ $C_V = 0, 0.2 \text{ ó } 0.3$	No Aplica
Chile	INN, 1989	No Aplica	No Aplica
Argentina	INPRES-CIRSOC 103, 1991	$\updownarrow F_V = C_{V/H} \cdot (CM + CV)$ $C_{V/H} = 0.4 \text{ a } 0.6$	$A_V(T_V) = C_{V/H} \cdot A_H(T_H)$ $C_{V/H} = 0.4 \text{ a } 0.6$

Tabla 10. Resumen comparativo sobre las consideraciones reglamentarias para la componente sísmica vertical en códigos sísmicos mundiales. (continuación)

PAÍS	REFERENCIA	MÉTODO ESTÁTICO	MÉTODO DINÁMICO
Europa	CEN, 1994	$\updownarrow F_v = C_{v/H}(T_v) \cdot (CM + CV)$ $C_{v/H} = 0.70: T_v < 0.15; C_{v/H} = 0.40: T_v > 0.50; C_{v/H} = +11/14 - 4T_v/7: 0.15 < T_v < 0.50$	$A_v(T_v) = C_{v/H}(T_v) \cdot A_H(T_H)$
España	P.D.S.-1, 1974	$\updownarrow F_v = FC \cdot A_H(0.5s) \cdot (CM + CV)$	$A_v(T_v) = 0.7 \cdot A_H(T_H)$
Francia	PS, 1982	$\updownarrow F_v = C_v \cdot (CM + CV)$	No Aplica
	$\alpha = 2^{(BMM-9)}$	Todos los elementos: $C_v = C_H / \sqrt{\alpha}$	Sólo voladizos: $C_v = 0.15\alpha / T \leq 0.4\alpha \leq 1$
	AFPS, 1990	$\updownarrow F_v = C_H \cdot (CM + CV)$	$A_v(T_v) = A_H(T_H)$
Italia	NTRCS, 1986	$\updownarrow F_v = C_v \cdot I \cdot (CM + CV)$	No Aplica
Hungría	TGPH, 1978	$\updownarrow F_v = 2 \cdot C_H \cdot (CM + CV) / 3$	$A_v(T_v) = 2 \cdot A_H(T_H) / 3$
Rumania	P100, 1991	$\updownarrow F_v = 2 \cdot C_H \cdot (CM + CV)$	No Aplica
Yugoslavia	YNBC, 1987	$\updownarrow F_v = 0.7 \cdot C_H \cdot (CM + CV)$ Elementos con grandes claros	No Aplica
Bulgaria	CDBSSR, 1987	$\updownarrow F_v = FC \cdot (CM + CV)$ Edificios: $FC = 0.15$ ó 0.30	No Aplica
		$\updownarrow F_v = 2 \cdot C_H \cdot I \cdot (CM + CV)$ Voladizos	
Grecia	GSC, 1992	$\updownarrow F_{vi} = \frac{(CM + CV) \cdot C_v \cdot m_i u_i}{\sum_{i=1}^n m_i u_i}$ $T = 2\pi \sqrt{\sum_{i=1}^n m_i u_i^2 / \left(g \sum_{i=1}^n m_i u_i \right)}$ $C_v = 0.7 \frac{\alpha \cdot I \cdot \beta(T_v)}{R\mu_v} n$	No Aplica
Israel	IC-413, 1994	$\updownarrow F_v = 2 \cdot C_H \cdot CM / 3$ Voladizos $\updownarrow F_v = PP - 1.5 \cdot C_H \cdot I \cdot S \cdot CM$ Vigas presforzadas	No Aplica
Irán	IC-SRDB, 1988	$\updownarrow F_v = \frac{2 \cdot C_H \cdot I}{R\mu} (CM + CV)$	No Aplica

Tabla 10. Resumen comparativo sobre las consideraciones reglamentarias para la componente sísmica vertical en códigos sísmicos mundiales. (continuación)

PAÍS	REFERENCIA	MÉTODO ESTÁTICO	MÉTODO DINÁMICO
India	IS:1893, 1994	$\updownarrow F_V = 2.5 \cdot C_H \cdot (CM + CV)$	$A_V(T_V) = 0.5 \cdot A_H(T_H)$
China	GBJ-11, 1989	$\updownarrow F_{Vi} = F_V \cdot \frac{(CM_i + CV_i) \cdot H_i}{(CM + CV) \cdot H}$ Edificios altos, Chimeneas, etc. Cubiertas L>24m, Volados, etc. $F_V = 0.65C_H \cdot 0.75(CM + CV)$ $F_V = C_V \cdot (CM + CV)$	No Aplica
Japón	BSLEO, 1981	No Aplica	No Aplica
	SSCECJ, 1980	No Aplica	No Aplica
	AIJ, 1990	$\updownarrow F_V = 0.5 \cdot C_H \cdot (CM + CV)$	$A_V(T_V) = 0.5 \cdot A_H(T_H)$
Australia	AS 1170.4, 1993	$\updownarrow F_V = 0.5 \cdot C_H \cdot (CM + CV)$	$A_V(T_V) = 0.5 \cdot A_H(T_H)$
Nueva Zelanda	NZS-4203,1992	No Aplica	No Aplica

Fuente: [28] PEREA Tiziano and ESTEVA Luis. Componente Vertical de Registros Sísmicos en México y su Efecto en la Respuesta No Lineal de Edificios, 2005. Revista de ingeniería sísmica, vol. 72, pp. 45-79. FH y FV = Fuerzas inerciales que producen las componentes horizontal y vertical, CH y CV = Coeficientes sísmicos para las componentes horizontal y vertical, AH(TH) y AV(TV)= Aceleraciones del espectro de diseño de las componentes horizontal y vertical, I y S son factores de importancia del edificio y del sitio, Rμ=factor de reducción de la fuerzas elásticas, FC=factor de amplificación de las cargas de gravedad PP, CM y CV; peso propio, carga muerta y carga viva y sumadas son W peso total.

Ecuador en su edición CEC 2002, se refiere a la importancia de tener en cuenta la componente vertical, especialmente para voladizos donde $F_v = 2/3 \cdot Z \cdot I \cdot C_m \cdot W_p$ (Z factor de zona sísmica, I coef. Importancia, Cm coef. Espectral según el tipo de suelo, Wp peso muerto del voladizo) y la Norma Oficial Chilena 2009, recomiendan usar el 30%, de la carga muerta más la sobrecarga, en los voladizos. España en su NCSR 2004 recomienda, tomar el 70% de la componente horizontal (similar a 2/3), además de establecer un coeficiente de comportamiento por ductilidad en el sentido vertical $\mu=1$ y la norma Mexicana y Peruana mantienen la regla de $V = a$ las 2/3 partes de H. La norma Norte Americana UBC establece que $F = pFH + FV$; $FV = 0.5Ca \cdot I \cdot D$ (Ca - Tabla 16-Q, coeficiente espectral que depende

de los efectos de sitio y del suelo e I- Tabla 16-K, se refiere a la importancia de la edificación)

La Norma de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR10 de Colombia, al igual recomienda tomar, como mínimo las dos terceras partes de los valores correspondientes a los efectos horizontales, ya sea en el espectro de diseño, o en las familias de acelerogramas, si sólo se cuenta con registros horizontales y en caso de usar acelerogramas reales podrá emplearse la aceleración vertical registrada con el ajuste equivalente que se haya realizado a las componentes horizontales. Adicionalmente en las zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, debe tenerse en cuenta los efectos de los movimientos verticales en elementos estructurales como voladizos, considerando una fuerza vertical (ascendente o descendente), en la punta del elemento con un valor igual al 30% y 15% de la carga muerta del voladizo; respectivamente y los elementos construidos con concreto preesforzado, deben utilizar combinaciones de carga adicionales a todas aquellas que incluyan carga muerta, utilizando el 50% de la carga muerta.

2. MODELACIÓN

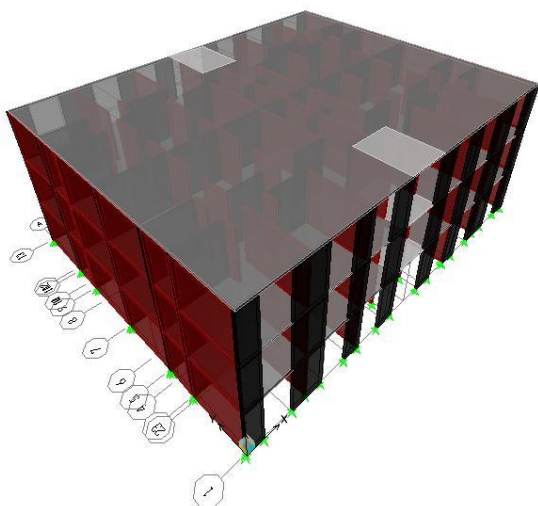
2.1. ESPECIFICACIONES

Con el fin de establecer el modelo, en el cual vamos a observar la incidencia de la componente vertical sísmica en los elementos estructurales; adoptamos las siguientes especificaciones, atendiendo la Norma de Diseño y Construcción Sismo Resistente Colombiana NSR10.

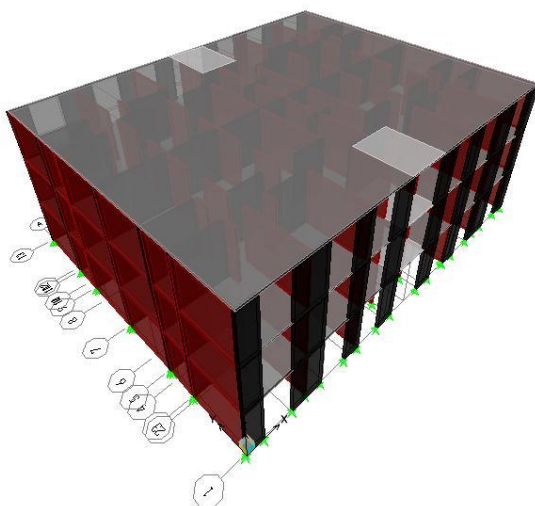
CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN

Ubicación:	Cali – Valle del Cauca – Colombia
Uso:	Vivienda
Pisos acabados:	Cerámica
No. de pisos:	3, 5, 10 y 15
Altura libre entrepisos:	2.50 m.
Tipo de entrepiso:	Losa Maciza en dos direcciones $e = 15$ cm.
Tipo de cubierta:	Losa Maciza en dos direcciones $e = 15$ cm.
Espesor de muros:	14 cm.

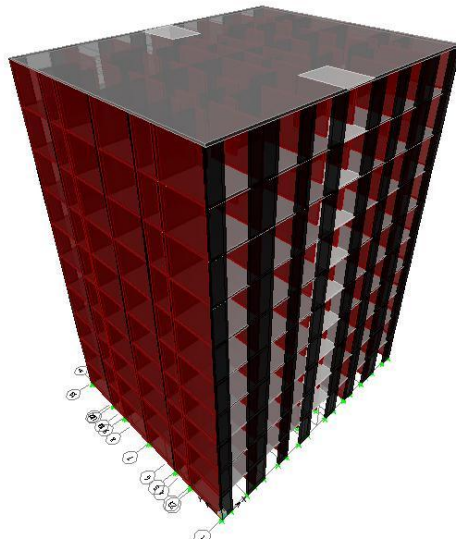
TRES NIVELES



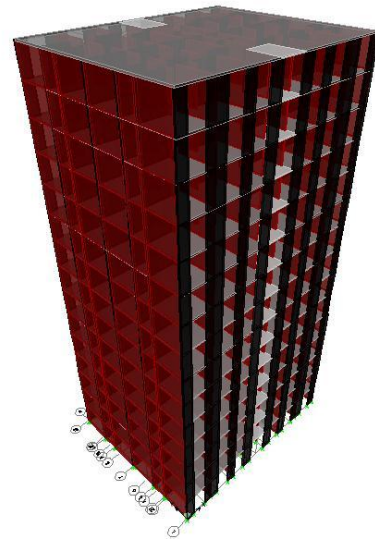
CINCO NIVELES



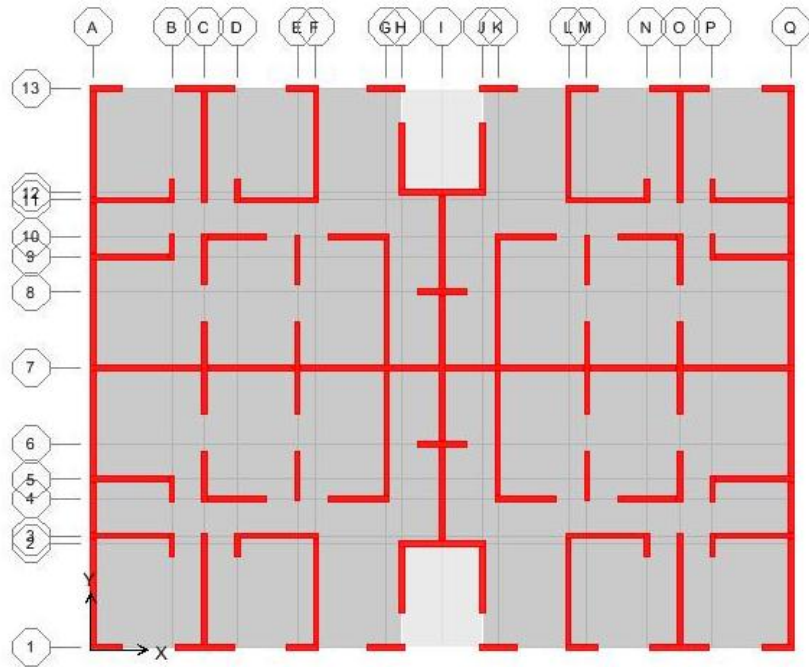
DIEZ NIVELES



QUINCE NIVELES



PLANTA ARQUITECTÓNICA



ETIQUETAS DE MUROS

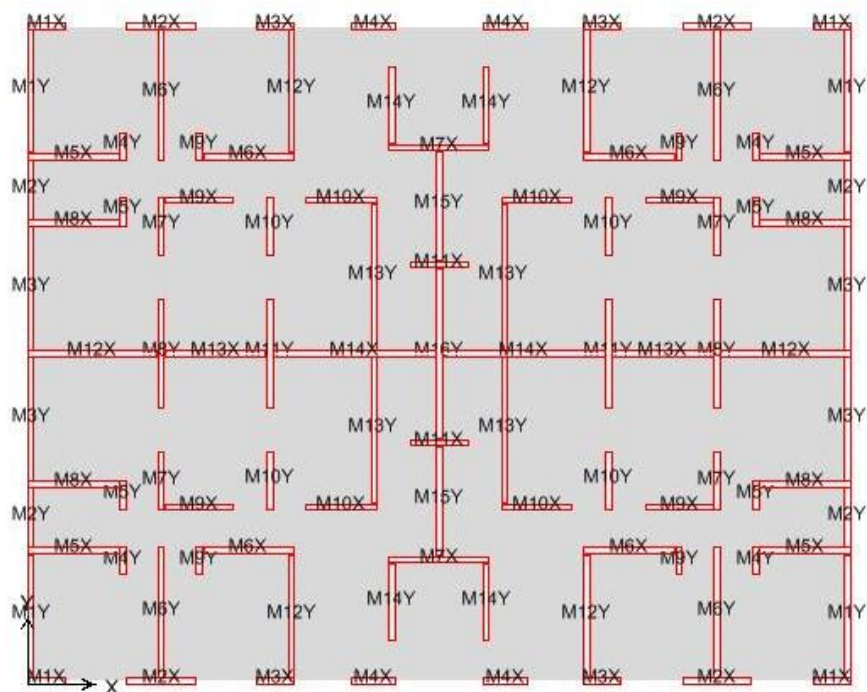


Fig. 13. Gráficos de los edificios a analizar de 3, 5, 10 y 15 pisos; en 3D y planta tipo de la edificación y etiquetas de los muros.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Mampostería en arcilla

f'_m [MPa]: 15

E_m [MPa]: 11.250

$$E_m = 750 f'_m \leq 200.000 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

No reforzada

$$E_m = 900 f'_m \leq 200.000 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Parcial/Totalmente reforzada

G_m [MPa]: 4.500

$$G_m = 0.4 E$$

f_y [MPa]: 420

E_s [MPa]: 200.000

ESPECTRO DE DISEÑO: Seguimos lo establecido en la NSR10, pero sin considerar el estudio de microzonificación de la ciudad de Cali.

Nivel de amenaza sísmica:

Alta

Coefficiente de aceleración pico efectiva A_a :

0.25

Coefficiente de velocidad pico efectiva A_v :

0.25

Peril del suelo:

D

Coefficiente F_a para la zona de periodos cortos:

1.30

Coeficiente F_v para la zona de periodos intermedios:	1.90
Coeficiente de importancia I (Grupo de uso I):	1.00
Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico R_0 :	3.50
Coeficiente de reducción por irregularidad en altura ϕ_a :	1.00
Coeficiente de reducción por irregularidad en planta ϕ_p :	0.90
Coeficiente de reducción por ausencia de redundancia ϕ_r :	1.00
Coeficiente de capacidad de disipación de energía R :	3.15

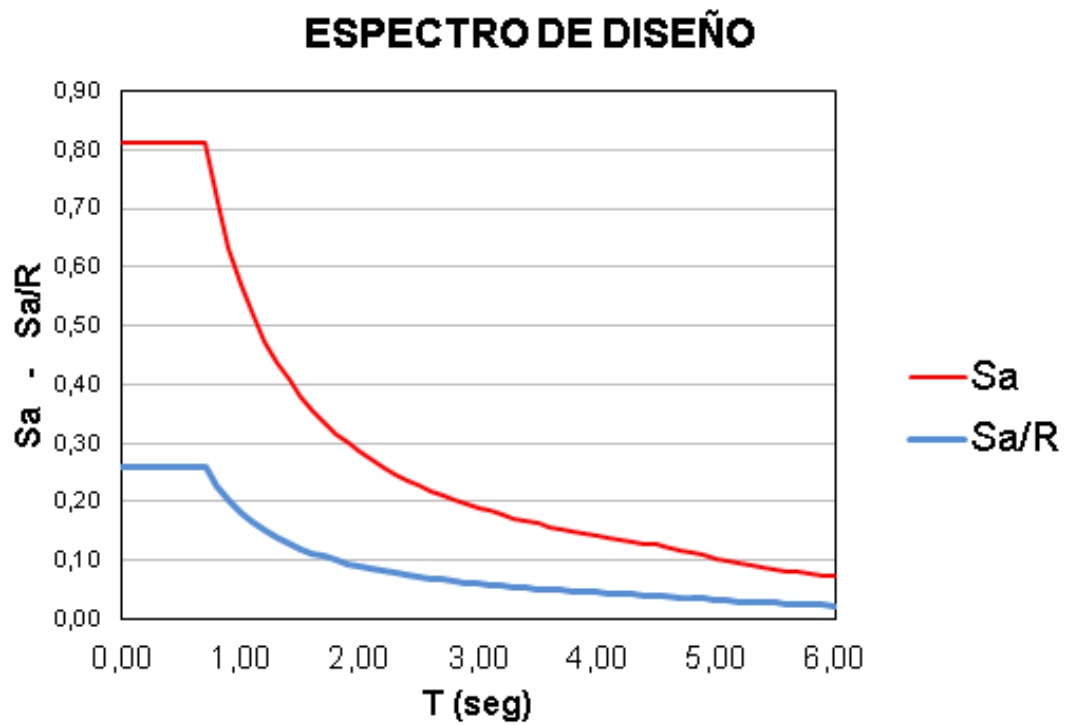


Fig. 14. Espectro de Diseño

2.2. MODELACIÓN

Para efectos de la etapa de modelación, nos apoyamos con el programa ETABS, Extended 3D Analysis of building systems; versión 9.2.0, producto de Computer and Structures, Inc.

Anotamos que los tipos de edificación a analizar corresponden a un modelo didáctico para efecto del presente trabajo.

Se tomó en cuenta las consideraciones estipuladas en la NSR10, entre las cuales se pueden mencionar la evaluación por el método de la fuerza horizontal equivalente, por medio de la cual se realiza el chequeo y correspondiente ajuste de la cortante basal; además de verificar que en los modos de vibración utilizados, se alcance como mínimo el 90% de participación de la masa y las derivas de piso no superen el 0,50%.

Las combinaciones de cargas mayoradas corresponden a las establecidas en el título B de la NSR10, para el método de la resistencia:

$$1.4(D+F) \quad (B.2.4-1)$$

$$1.2(D+F+I)+1.6(L+H)+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-2)$$

$$1.2D+1.6(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(L \text{ ó } 0.8W) \quad (B.2.4-3)$$

$$1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-4)$$

$$1.2D+1.0E+1.0L \quad (B.2.4-5)$$

$$0.9D+1.6W+1.6H \quad (B.2.4-6)$$

$$0.9D+1.0E+1.6H \quad (B.2.4-7)$$

B.2.4.2.1 — Las fuerzas sísmicas reducidas de diseño, E , utilizadas en las combinaciones B.2.4-5 y B.2.4-7 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza, F_s , de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por R ($E = F_s/R$).

Para evaluar la incidencia de la componente vertical sísmica en este tipo de edificaciones en mampostería estructural, seguimos los lineamientos dados en la NSR10; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica, en las combinaciones B.2.4-5 y B.2.4-7, a fin de hacer las respectivas comparaciones.

A.2.8 – COMPONENTE VERTICAL DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS

A.2.8.1 — Cuando se utilice la componente vertical de los movimientos sísmicos de diseño, como mínimo debe tomarse las dos terceras partes de los valores correspondientes a los efectos horizontales, ya sea en el espectro de diseño, o en las familias de acelerogramas, de contar en este caso con sólo registros horizontales (véase A.5.4.6). En caso de usar

acelerogramas reales podrá emplearse la aceleración vertical registrada con el ajuste equivalente que se haya realizado a las componentes horizontales.

A.3.6.13 – EFECTOS DE LAS ACELERACIONES VERTICALES – En las zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, deben tenerse en cuenta los efectos de los movimientos verticales en los siguientes elementos estructurales:

- (a) En los voladizos, considerando una fuerza vertical, ascendente o descendente, en la punta del elemento con un valor igual al 30 por ciento de la carga muerta del voladizo en las zonas de amenaza sísmica alta, y del 15 por ciento en las zonas de amenaza sísmica intermedia, y
- (b) En los elementos contruidos con concreto preesforzado, deben utilizarse combinaciones de carga adicionales a todas aquellas que incluyan carga muerta, utilizando el 50 por ciento de la carga muerta.

A.5.4.6 – EFECTOS DIRECCIONALES – Los efectos direccionales de los movimientos sísmicos de diseño deben tenerse en cuenta de acuerdo con los requisitos de A.3.6.3. Los efectos de la aceleración vertical de los movimientos sísmicos en voladizos y elementos preesforzados debe tenerse en cuenta siguiendo los requisitos de A.3.6.13 o alternativamente por medio de un procedimiento de análisis dinámico, pero en ningún caso los resultados obtenidos por medio de este procedimiento alternativo puede conducir a resultados menores que los obtenidos por medio de A.3.6.13.

Se recalca y coincide con otros autores, en la necesidad imperiosa de establecer un espectro de diseño en el sentido vertical, para el análisis y diseño de estructuras; ya que el presente estudio se limitó a aplicar lo establecido en la NSR10, al igual que en otras normas; cuyo valor de $2/3$ de V/H , está basado en una correlación equívoca, según los resultados encontrados en la primera parte del presente estudio y donde en muchos casos la componente vertical sísmica supera a la componente horizontal. Sin embargo como veremos, a pesar de usar un valor ligado a V/H y relativamente menor al que posiblemente se puede presentar, se nota en la información resultante un incremento apreciable en las fuerzas y esfuerzos de los elementos estructurales; por lo cual obviar la acción de

la carga vertical sísmica sería una irresponsabilidad, que se debe subsanar en las normas y códigos en materia de diseño sismo resistente de estructuras.

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

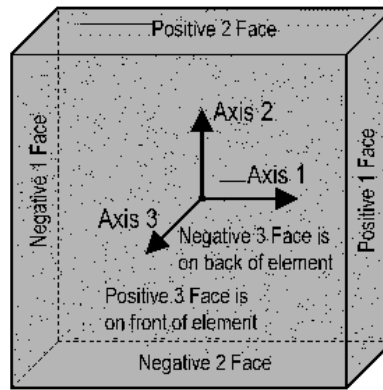


Fig. 15. Ejes locales, del programa ETABS, para elementos de área tipo shell.

Para ilustrar mejor las fuerzas actuantes y esfuerzos inducidos en la mampostería estructural de las edificaciones, objeto del presente estudio, es necesario ilustrar la convención de los ejes locales, que el software ETABS tiene establecido para los elementos de área tipo Shell, con el cual se modelaron los muros.

Considerando la gran cantidad de información arrojada, del análisis dinámico de las estructuras escogidas, en el presente trabajo se presenta sólo los datos correspondientes a algunos de los muros seleccionados, cuya selección es la misma para los cuatro tipos de edificios; de la cual igualmente se evaluaron las máximas fuerzas aplicadas y esfuerzos inducidos, en cada caso sin y con la acción de la carga vertical sísmica.

A nivel de fuerzas actuantes, claramente se observa un incremento de la fuerza axial, actuante en los muros, en el sentido de la gravedad (Eje 2); hasta en un 8.82%, 10.36%, 11.08% y 10.92%; respectivamente para las edificaciones de 3, 5, 10 y 15 pisos.

Las fuerzas de cortantes y momentos resultantes, a diferencia de la carga axial, varían muy levemente hasta en un 0.15%, 1.61%, 0.09% y 0.06%, para 3, 5, 10 y 15 pisos respectivamente; tal como se aprecia en las tablas detalladas a continuación.

Tabla 11. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]
3	M1X	-68,18	-2,23	-0,26	-98,70	-149,69	-70,36	-2,23	-0,26	-98,80	-149,70
2	M1X	-130,75	-1,94	-0,67	-497,18	-302,45	-134,96	-1,94	-0,67	-497,39	-302,47
1	M1X	-201,00	-35,94	-0,16	-1099,67	-199,41	-206,71	-35,94	-0,16	-1099,87	-199,42
3	M6X	-194,67	-35,12	-1,46	-47,25	-61,22	-210,02	-35,12	-1,46	-47,27	-61,26
2	M6X	-407,81	-133,83	-1,84	-122,35	-248,42	-443,79	-133,83	-1,84	-122,42	-248,53
1	M6X	-606,41	-196,87	-0,33	-597,72	-598,10	-653,11	-196,87	-0,33	-597,77	-598,25
3	M7X	-92,76	-17,02	-1,08	-115,75	-25,40	-95,71	-17,03	-1,08	-115,78	-25,40
2	M7X	-187,54	-74,89	-1,80	-259,96	-100,64	-193,77	-74,89	-1,80	-260,02	-100,64
1	M7X	-283,06	-108,05	-0,46	-164,20	-204,11	-291,19	-108,05	-0,46	-164,30	-204,11
3	M14X	-159,71	-294,70	-0,60	-0,77	-373,78	-164,88	-294,70	-0,60	-0,77	-373,80
2	M14X	-336,26	-392,20	-1,07	-1,34	-500,88	-348,46	-392,20	-1,07	-1,34	-500,89
1	M14X	-499,19	-298,49	-0,19	-0,48	-417,31	-515,23	-298,50	-0,19	-0,48	-417,33
3	M1Y	-209,68	-61,70	-0,12	-128,10	-326,06	-215,32	-61,72	-0,12	-128,12	-326,25
2	M1Y	-442,92	-175,06	-0,47	-663,45	-1086,76	-456,74	-175,07	-0,47	-663,48	-1087,15
1	M1Y	-658,74	-212,14	-0,25	-2352,14	-1993,19	-676,94	-212,17	-0,25	-2352,19	-1993,59
3	M11Y	-121,53	-0,54	-2,28	-16,20	-14,47	-127,53	-0,54	-2,28	-16,22	-14,48
2	M11Y	-240,92	-23,33	-3,22	-37,41	-35,12	-252,87	-23,34	-3,22	-37,46	-35,14
1	M11Y	-364,81	-61,22	-0,70	-43,78	-147,19	-380,31	-61,24	-0,70	-43,84	-147,20
3	M14Y	-142,74	-11,39	-1,57	-13,63	-87,06	-147,73	-11,39	-1,57	-13,64	-87,16
2	M14Y	-289,45	-50,83	-1,82	-85,11	-512,65	-299,49	-50,83	-1,82	-85,11	-512,85
1	M14Y	-435,51	-97,46	-0,25	-219,90	-1372,97	-448,57	-97,48	-0,25	-219,90	-1373,11
3	M16Y	-77,80	-67,51	-0,21	-0,34	-86,16	-79,41	-67,51	-0,21	-0,34	-86,17
2	M16Y	-160,50	-105,35	-0,24	-0,38	-140,04	-164,40	-105,36	-0,24	-0,38	-140,04
1	M16Y	-237,67	-93,45	-0,08	-0,20	-131,55	-242,92	-93,46	-0,08	-0,20	-131,56

Tabla 12. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

		% INCREMENTO DE FUERZAS				
PISO	W	P	V2	V3	M2	M3
3	M1X	3,20%	0,00%	0,00%	0,11%	0,01%
2	M1X	3,22%	0,00%	0,00%	0,04%	0,01%
1	M1X	2,84%	0,00%	0,00%	0,02%	0,01%
3	M6X	7,89%	0,00%	0,00%	0,04%	0,07%
2	M6X	8,82%	0,00%	0,00%	0,06%	0,04%
1	M6X	7,70%	0,00%	0,00%	0,01%	0,02%
3	M7X	3,18%	0,06%	0,00%	0,02%	0,02%
2	M7X	3,32%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%
1	M7X	2,87%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%
3	M14X	3,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M14X	3,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M14X	3,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Máx.		8,82%	0,06%	0,00%	0,11%	0,07%
3	M1Y	2,69%	0,03%	0,00%	0,01%	0,06%
2	M1Y	3,12%	0,01%	0,00%	0,00%	0,04%
1	M1Y	2,76%	0,01%	0,00%	0,00%	0,02%
3	M11Y	4,94%	0,00%	0,00%	0,15%	0,01%
2	M11Y	4,96%	0,04%	0,00%	0,12%	0,04%
1	M11Y	4,25%	0,03%	0,00%	0,13%	0,01%
3	M14Y	3,50%	0,00%	0,00%	0,01%	0,11%
2	M14Y	3,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%
1	M14Y	3,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,01%
3	M16Y	2,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
2	M16Y	2,43%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M16Y	2,21%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%
Máx.		4,96%	0,04%	0,00%	0,15%	0,11%

Tabla 13. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 5 pisos;
sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]
5	M1X	-69,84	-5,79	-0,21	-79,34	-232,47	-74,33	-5,80	-0,21	-79,35	-232,47
4	M1X	-135,89	-3,79	-0,52	-341,93	-501,59	-146,12	-3,79	-0,52	-341,97	-501,60
3	M1X	-208,36	-9,08	-0,86	-912,88	-632,29	-224,09	-9,08	-0,86	-912,94	-632,30
2	M1X	-275,89	-2,50	-1,25	-1806,86	-807,19	-295,38	-2,50	-1,25	-1806,92	-807,20
1	M1X	-345,32	-60,42	-0,25	-2846,52	-305,58	-366,84	-60,42	-0,25	-2846,55	-305,59
5	M6X	-193,58	-18,60	-2,99	-219,65	-132,17	-210,45	-18,60	-2,99	-219,66	-132,17
4	M6X	-402,55	-104,70	-3,63	-327,19	-297,37	-444,26	-104,70	-3,63	-327,20	-297,37
3	M6X	-602,67	-169,55	-4,17	-183,96	-260,88	-664,32	-169,56	-4,17	-183,98	-260,89
2	M6X	-810,00	-257,85	-4,04	-308,42	-540,77	-886,47	-257,85	-4,04	-308,45	-540,78
1	M6X	-1010,23	-332,09	-0,62	-1101,18	-1114,82	-1094,32	-332,09	-0,63	-1101,24	-1114,83
5	M7X	-95,04	-25,77	-1,54	-154,08	-50,60	-101,52	-25,77	-1,54	-154,09	-50,60
4	M7X	-192,68	-44,47	-2,43	-386,57	-79,58	-208,23	-44,47	-2,43	-386,59	-79,59
3	M7X	-290,34	-92,17	-3,11	-616,15	-120,79	-313,62	-92,17	-3,11	-616,17	-120,79
2	M7X	-387,20	-147,23	-3,62	-851,77	-221,19	-416,07	-147,23	-3,62	-851,81	-221,19
1	M7X	-483,56	-183,57	-0,80	-756,53	-370,85	-515,37	-183,57	-0,80	-756,57	-370,85
5	M14X	-159,64	-428,55	-0,72	-0,93	-536,59	-171,49	-428,55	-0,72	-0,93	-536,59
4	M14X	-336,01	-621,75	-1,39	-1,76	-815,56	-365,81	-621,75	-1,39	-1,76	-815,56
3	M14X	-506,97	-768,92	-1,86	-2,35	-1033,06	-551,40	-768,92	-1,86	-2,35	-1033,06
2	M14X	-677,27	-812,76	-2,14	-2,77	-1115,59	-732,23	-812,76	-2,14	-2,77	-1115,59
1	M14X	-839,46	-543,97	-0,30	-0,75	-833,46	-899,94	-543,97	-0,30	-0,75	-833,46
5	M1Y	-214,33	-32,44	-0,41	-157,64	-275,40	-227,46	-32,44	-0,41	-157,64	-275,43
4	M1Y	-457,31	-157,03	-0,23	-460,62	-1055,01	-492,00	-157,04	-0,23	-460,63	-1055,09
3	M1Y	-688,06	-254,64	-0,53	-1572,63	-2257,30	-740,16	-254,64	-0,53	-1572,66	-2257,41
2	M1Y	-917,33	-345,92	-0,82	-3132,74	-3742,08	-982,15	-345,93	-0,82	-3132,78	-3742,17
1	M1Y	-1135,07	-365,06	-0,58	-6070,72	-5275,50	-1206,50	-365,07	-0,58	-6070,75	-5275,56
5	M11Y	-120,56	-2,95	-3,27	-38,76	-25,41	-130,78	-2,95	-3,27	-38,77	-25,41
4	M11Y	-235,06	-25,29	-5,06	-110,70	-57,37	-257,27	-25,29	-5,06	-110,71	-57,38
3	M11Y	-353,28	-31,70	-6,28	-170,30	-50,57	-385,96	-31,70	-6,28	-170,30	-50,58
2	M11Y	-473,30	-43,01	-6,71	-214,13	-76,94	-513,55	-43,01	-6,71	-214,14	-76,94
1	M11Y	-596,71	-103,18	-1,30	-224,44	-270,00	-640,94	-103,19	-1,30	-224,45	-270,00
5	M14Y	-145,57	-17,92	-2,95	-51,16	-97,33	-155,45	-17,92	-2,95	-51,16	-97,36
4	M14Y	-297,47	-59,37	-3,38	-73,31	-514,41	-321,43	-59,37	-3,38	-73,32	-514,46
3	M14Y	-448,22	-76,51	-3,87	-56,30	-1216,43	-484,08	-76,51	-3,87	-56,30	-1216,51
2	M14Y	-597,56	-95,34	-3,91	-225,31	-2122,79	-642,02	-95,34	-3,91	-225,31	-2122,86
1	M14Y	-744,92	-164,85	-0,45	-468,98	-3524,85	-793,90	-164,85	-0,45	-468,98	-3524,92
5	M16Y	-80,22	-81,14	-0,28	-0,49	-105,42	-85,60	-81,14	-0,28	-0,49	-105,43
4	M16Y	-167,86	-141,79	-0,41	-0,64	-191,67	-181,55	-141,79	-0,41	-0,64	-191,68
3	M16Y	-253,55	-188,40	-0,55	-0,74	-260,75	-274,21	-188,41	-0,55	-0,74	-260,76
2	M16Y	-336,46	-212,14	-0,50	-0,64	-301,37	-362,14	-212,15	-0,50	-0,64	-301,38
1	M16Y	-413,66	-165,37	-0,18	-0,44	-252,92	-441,93	-165,37	-0,18	-0,44	-252,92

Tabla 14. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 5 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	% INCREMENTO DE FUERZAS				
		P	V2	V3	M2	M3
5	M1X	6,43%	0,17%	0,00%	0,02%	0,00%
4	M1X	7,53%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
3	M1X	7,55%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
2	M1X	7,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M1X	6,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M6X	8,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M6X	10,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M6X	10,23%	0,01%	0,00%	0,01%	0,00%
2	M6X	9,44%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
1	M6X	8,32%	0,00%	1,61%	0,01%	0,00%
5	M7X	6,82%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
4	M7X	8,07%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
3	M7X	8,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M7X	7,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M7X	6,58%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
5	M14X	7,42%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M14X	8,87%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M14X	8,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M14X	8,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M14X	7,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Máx.		10,36%	0,17%	1,61%	0,02%	0,00%
5	M1Y	6,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
4	M1Y	7,59%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%
3	M1Y	7,57%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M1Y	7,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M1Y	6,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M11Y	8,48%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
4	M11Y	9,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M11Y	9,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M11Y	8,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M11Y	7,41%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M14Y	6,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
4	M14Y	8,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
3	M14Y	8,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
2	M14Y	7,44%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M14Y	6,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M16Y	6,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
4	M16Y	8,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M16Y	8,15%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M16Y	7,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M16Y	6,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Máx.		9,45%	0,01%	0,00%	0,01%	0,02%

Tabla 15. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]
10	M1X	-74,83	-13,36	-0,44	-203,8	-279,2	-80,88	-13,36	-0,44	-203,8	-279,2
9	M1X	-144,33	-2,44	-0,28	-297,5	-640,6	-158,33	-2,44	-0,28	-297,6	-640,6
8	M1X	-221,92	-2,21	-0,55	-502,8	-925,6	-244,48	-2,21	-0,55	-502,8	-925,6
7	M1X	-295,63	-3,03	-0,83	-1113,1	-1307,4	-325,82	-3,03	-0,83	-1113,1	-1307,4
6	M1X	-370,00	-3,22	-1,06	-1988,9	-1763,6	-407,21	-3,22	-1,06	-1989,0	-1763,6
5	M1X	-443,06	-6,12	-1,30	-3070,9	-2285,8	-486,34	-6,12	-1,30	-3070,9	-2285,8
4	M1X	-515,19	-3,04	-1,58	-4362,5	-2885,6	-563,52	-3,04	-1,58	-4362,5	-2885,6
3	M1X	-586,40	-17,60	-1,92	-5869,7	-3422,8	-638,61	-17,60	-1,92	-5869,7	-3422,8
2	M1X	-655,29	-8,85	-2,52	-7771,4	-3985,7	-710,18	-8,85	-2,52	-7771,4	-3985,7
1	M1X	-724,80	-121,97	-0,41	-9865,9	-2988,1	-781,04	-121,98	-0,41	-9866,0	-2988,1
10	M6X	-194,53	-18,43	-8,32	-598,5	-132,9	-211,55	-18,44	-8,32	-598,5	-132,9
9	M6X	-397,77	-90,66	-9,31	-1084,4	-356,5	-440,15	-90,66	-9,31	-1084,4	-356,5
8	M6X	-591,47	-160,52	-10,65	-1384,9	-462,1	-656,94	-160,52	-10,65	-1384,9	-462,1
7	M6X	-790,31	-215,03	-11,73	-1553,6	-488,7	-877,88	-215,03	-11,74	-1553,6	-488,7
6	M6X	-987,96	-261,78	-12,48	-1638,9	-474,1	-1095,29	-261,78	-12,48	-1638,9	-474,1
5	M6X	-1187,31	-303,06	-12,82	-1617,5	-479,3	-1312,01	-303,06	-12,82	-1617,5	-479,3
4	M6X	-1387,72	-349,25	-12,59	-1491,3	-710,1	-1526,78	-349,25	-12,59	-1491,3	-710,1
3	M6X	-1588,76	-394,38	-11,83	-1129,9	-1097,9	-1738,91	-394,38	-11,83	-1129,9	-1097,9
2	M6X	-1793,59	-525,73	-10,01	-646,1	-1746,9	-1951,28	-525,74	-10,01	-646,1	-1746,9
1	M6X	-1993,63	-668,85	-1,34	-1370,9	-2860,2	-2155,14	-668,85	-1,34	-1371,0	-2860,3
10	M7X	-101,14	-47,73	-1,82	-132,5	-90,8	-109,55	-47,73	-1,82	-132,5	-90,8
9	M7X	-203,20	-24,84	-3,09	-328,9	-79,3	-223,61	-24,84	-3,09	-328,9	-79,3
8	M7X	-306,07	-59,39	-4,38	-567,4	-130,9	-338,11	-59,39	-4,38	-567,4	-130,9
7	M7X	-408,48	-86,80	-5,51	-915,9	-160,2	-451,39	-86,80	-5,51	-915,9	-160,2
6	M7X	-510,29	-110,29	-6,48	-1365,0	-176,7	-563,04	-110,30	-6,48	-1365,0	-176,7
5	M7X	-611,27	-133,87	-7,25	-1903,9	-186,1	-672,60	-133,87	-7,25	-1904,0	-186,1
4	M7X	-711,22	-166,76	-7,77	-2510,9	-224,5	-779,67	-166,76	-7,77	-2510,9	-224,5
3	M7X	-809,94	-210,38	-7,93	-3159,0	-325,6	-883,88	-210,38	-7,93	-3159,0	-325,6
2	M7X	-907,49	-293,65	-8,09	-3752,0	-508,1	-985,16	-293,65	-8,09	-3752,0	-508,1
1	M7X	-1004,22	-366,97	-1,61	-3599,9	-801,9	-1083,78	-366,97	-1,61	-3599,9	-801,9
10	M14X	-163,43	-573,49	-0,60	-0,8	-719,2	-177,16	-573,50	-0,60	-0,8	-719,2
9	M14X	-338,49	-847,07	-1,49	-1,9	-1100,1	-373,10	-847,08	-1,49	-1,9	-1100,1
8	M14X	-507,25	-1149,74	-2,28	-2,9	-1531,7	-561,21	-1149,74	-2,28	-2,9	-1531,7
7	M14X	-675,70	-1437,28	-3,00	-3,8	-1954,9	-747,68	-1437,29	-3,00	-3,8	-1954,9
6	M14X	-844,31	-1689,40	-3,62	-4,6	-2344,2	-932,57	-1689,40	-3,62	-4,6	-2344,2
5	M14X	-1013,34	-1888,10	-4,13	-5,3	-2674,7	-1115,82	-1888,10	-4,13	-5,3	-2674,7
4	M14X	-1182,91	-2016,29	-4,55	-5,9	-2919,5	-1297,18	-2016,29	-4,55	-5,9	-2919,5
3	M14X	-1352,79	-2024,14	-4,74	-6,3	-3005,7	-1476,16	-2024,15	-4,74	-6,3	-3005,7
2	M14X	-1522,66	-1875,06	-4,74	-6,4	-2883,0	-1652,23	-1875,07	-4,74	-6,4	-2883,0
1	M14X	-1684,72	-1165,72	-0,48	-1,2	-2109,9	-1817,42	-1165,72	-0,48	-1,2	-2109,9

Tabla 15. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]
10	M1Y	-225,79	-67,55	-0,88	-185,8	-202,5	-243,39	-67,55	-0,88	-185,9	-202,5
9	M1Y	-484,21	-112,85	-0,28	-361,3	-636,6	-531,42	-112,85	-0,28	-361,3	-636,6
8	M1Y	-729,51	-224,55	-0,17	-1397,5	-1661,1	-803,81	-224,55	-0,17	-1397,5	-1661,2
7	M1Y	-975,91	-316,62	-0,21	-2973,0	-3164,1	-1075,75	-316,63	-0,21	-2973,0	-3164,2
6	M1Y	-1219,07	-393,79	-0,30	-4915,7	-5064,9	-1341,86	-393,79	-0,30	-4915,7	-5065,0
5	M1Y	-1460,53	-464,73	-0,45	-7165,6	-7307,0	-1603,39	-464,73	-0,45	-7165,6	-7307,1
4	M1Y	-1699,31	-539,33	-0,60	-9654,7	-9870,0	-1858,78	-539,34	-0,60	-9654,7	-9870,0
3	M1Y	-1934,15	-613,79	-1,04	-12622,9	-12775,7	-2106,45	-613,80	-1,04	-12622,9	-12775,8
2	M1Y	-2164,13	-723,18	-1,48	-15930,2	-15934,0	-2345,12	-723,19	-1,48	-15930,2	-15934,0
1	M1Y	-2382,93	-739,40	-1,49	-21838,1	-19055,6	-2568,32	-739,41	-1,49	-21838,1	-19055,6
10	M11Y	-124,89	-19,45	-4,41	-30,3	-61,8	-136,00	-19,45	-4,41	-30,3	-61,8
9	M11Y	-233,68	-42,03	-6,92	-142,6	-98,4	-257,90	-42,04	-6,92	-142,6	-98,4
8	M11Y	-346,44	-53,02	-9,39	-260,7	-102,2	-383,68	-53,02	-9,39	-260,7	-102,2
7	M11Y	-460,11	-62,87	-11,74	-393,0	-101,9	-509,56	-62,88	-11,74	-393,0	-101,9
6	M11Y	-574,70	-70,36	-13,80	-543,4	-95,8	-635,26	-70,36	-13,80	-543,4	-95,8
5	M11Y	-690,24	-75,49	-15,43	-705,8	-114,5	-760,50	-75,49	-15,43	-705,8	-114,5
4	M11Y	-806,94	-80,56	-16,48	-867,5	-144,2	-885,26	-80,56	-16,48	-867,5	-144,2
3	M11Y	-925,15	-79,36	-16,60	-1008,7	-169,8	-1009,69	-79,36	-16,60	-1008,7	-169,8
2	M11Y	-1045,15	-91,63	-15,51	-1118,0	-235,7	-1133,93	-91,63	-15,51	-1118,0	-235,7
1	M11Y	-1168,52	-209,94	-2,78	-1149,5	-612,3	-1259,44	-209,94	-2,78	-1149,6	-612,3
10	M14Y	-154,16	-32,67	-6,88	-112,3	-256,1	-166,95	-32,67	-6,88	-112,3	-256,1
9	M14Y	-314,19	-82,93	-7,25	-221,6	-296,4	-345,74	-82,93	-7,25	-221,6	-296,5
8	M14Y	-473,17	-110,88	-8,61	-256,3	-852,5	-522,68	-110,88	-8,61	-256,3	-852,6
7	M14Y	-631,52	-135,82	-9,81	-242,1	-1734,4	-697,83	-135,83	-9,81	-242,1	-1734,4
6	M14Y	-788,86	-156,04	-10,77	-194,3	-2856,5	-870,38	-156,04	-10,77	-194,3	-2856,5
5	M14Y	-944,92	-171,36	-11,38	-127,9	-4177,6	-1039,71	-171,37	-11,38	-127,9	-4177,7
4	M14Y	-1099,35	-184,20	-11,50	-156,8	-5683,6	-1205,14	-184,20	-11,50	-156,8	-5683,7
3	M14Y	-1251,98	-187,94	-10,88	-359,1	-7341,0	-1366,25	-187,94	-10,88	-359,1	-7341,0
2	M14Y	-1402,43	-203,30	-9,58	-727,0	-9228,1	-1522,48	-203,31	-9,58	-727,0	-9228,2
1	M14Y	-1550,33	-336,04	-1,00	-1201,1	-12055,7	-1673,30	-336,04	-1,00	-1201,1	-12055,8
10	M16Y	-83,61	-60,11	-0,38	-0,7	-78,1	-90,46	-60,11	-0,38	-0,7	-78,1
9	M16Y	-174,11	-144,27	-0,54	-0,9	-191,3	-191,60	-144,28	-0,54	-0,9	-191,3
8	M16Y	-263,36	-225,51	-0,77	-1,2	-304,8	-290,96	-225,52	-0,77	-1,2	-304,8
7	M16Y	-351,92	-299,43	-0,95	-1,4	-414,0	-388,92	-299,43	-0,95	-1,4	-414,0
6	M16Y	-439,95	-363,98	-1,12	-1,5	-516,0	-485,43	-363,98	-1,12	-1,5	-516,1
5	M16Y	-527,39	-418,24	-1,26	-1,6	-609,0	-580,25	-418,24	-1,26	-1,6	-609,0
4	M16Y	-614,00	-460,74	-1,34	-1,7	-690,0	-672,98	-460,74	-1,34	-1,7	-690,0
3	M16Y	-699,23	-480,65	-1,41	-1,9	-742,9	-762,93	-480,66	-1,41	-1,9	-742,9
2	M16Y	-781,94	-472,86	-1,15	-1,6	-759,6	-848,86	-472,87	-1,15	-1,6	-759,6
1	M16Y	-859,06	-345,23	-0,44	-1,1	-621,7	-927,58	-345,23	-0,44	-1,1	-621,7

Tabla 16. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	% INCREMENTO DE FUERZAS				
		P	V2	V3	M2	M3
10	M1X	8,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M1X	9,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M1X	10,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M1X	10,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M1X	10,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M1X	9,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M1X	9,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M1X	8,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M1X	8,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M1X	7,76%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M6X	8,75%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M6X	10,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M6X	11,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M6X	11,08%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%
6	M6X	10,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M6X	10,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M6X	10,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M6X	9,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M6X	8,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M6X	8,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M7X	8,32%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
9	M7X	10,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M7X	10,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M7X	10,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M7X	10,34%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M7X	10,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M7X	9,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M7X	9,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M7X	8,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M7X	7,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M14X	8,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M14X	10,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M14X	10,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M14X	10,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M14X	10,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M14X	10,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M14X	9,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M14X	9,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M14X	8,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M14X	7,88%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Máx.		11,08%	0,05%	0,09%	0,01%	0,00%

Tabla 16. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

PISO	W	% INCREMENTO DE FUERZAS				
		P	V2	V3	M2	M3
10	M1Y	7,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
9	M1Y	9,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M1Y	10,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M1Y	10,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M1Y	10,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M1Y	9,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M1Y	9,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M1Y	8,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M1Y	8,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M1Y	7,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M11Y	8,90%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
9	M11Y	10,36%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M11Y	10,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M11Y	10,75%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M11Y	10,54%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M11Y	10,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M11Y	9,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M11Y	9,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M11Y	8,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M11Y	7,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M14Y	8,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
9	M14Y	10,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
8	M14Y	10,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M14Y	10,50%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M14Y	10,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M14Y	10,03%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M14Y	9,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M14Y	9,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M14Y	8,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M14Y	7,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M16Y	8,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
9	M16Y	10,05%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M16Y	10,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M16Y	10,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M16Y	10,34%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M16Y	10,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M16Y	9,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M16Y	9,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M16Y	8,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M16Y	7,98%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Máx.		10,75%	0,02%	0,00%	0,01%	0,01%

Tabla 17. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]
15	M1X	-73,58	-19,52	-0,69	-328,7	-260,3	-79,36	-19,52	-0,69	-328,7	-260,3
14	M1X	-144,99	-3,83	-0,39	-530,6	-637,0	-159,12	-3,83	-0,39	-530,6	-637,0
13	M1X	-223,86	-5,69	-0,39	-589,0	-924,8	-246,92	-5,69	-0,39	-589,0	-924,8
12	M1X	-299,30	-3,14	-0,59	-856,3	-1322,4	-330,70	-3,14	-0,59	-856,3	-1322,4
11	M1X	-375,62	-2,75	-0,78	-1497,3	-1811,1	-415,06	-2,75	-0,78	-1497,3	-1811,1
10	M1X	-450,97	-2,06	-0,98	-2397,9	-2395,4	-497,86	-2,06	-0,98	-2398,0	-2395,4
9	M1X	-526,11	-1,96	-1,18	-3489,1	-3064,4	-579,97	-1,96	-1,18	-3489,2	-3064,4
8	M1X	-600,76	-3,92	-1,37	-4745,7	-3792,7	-660,80	-3,92	-1,37	-4745,7	-3792,7
7	M1X	-674,63	-1,86	-1,57	-6181,1	-4579,4	-740,16	-1,86	-1,57	-6181,1	-4579,4
6	M1X	-747,72	-19,13	-1,77	-7780,6	-5219,3	-818,06	-19,13	-1,77	-7780,7	-5219,3
5	M1X	-831,40	-11,09	-2,65	-9471,5	-6099,3	-905,95	-11,09	-2,65	-9471,6	-6099,3
4	M1X	-914,88	-1,86	-3,04	-11309,7	-7297,6	-993,16	-1,86	-3,04	-11309,7	-7297,6
3	M1X	-997,48	-19,03	-3,73	-13407,7	-8132,5	-1078,51	-19,03	-3,73	-13407,8	-8132,5
2	M1X	-1077,73	-17,56	-5,20	-16076,6	-8998,6	-1160,72	-17,56	-5,20	-16076,6	-8998,6
1	M1X	-1158,56	-172,17	-0,69	-19021,6	-7568,9	-1242,63	-172,17	-0,69	-19021,6	-7568,9
15	M6X	-184,23	-21,68	-11,97	-829,7	-63,2	-199,34	-21,68	-11,97	-829,7	-63,2
14	M6X	-383,18	-82,70	-13,15	-1524,3	-159,5	-422,32	-82,70	-13,15	-1524,3	-159,5
13	M6X	-574,08	-155,98	-14,81	-2061,1	-246,4	-635,79	-155,98	-14,81	-2061,1	-246,4
12	M6X	-769,10	-215,23	-16,48	-2487,0	-466,9	-853,08	-215,23	-16,48	-2487,0	-466,9
11	M6X	-962,75	-264,77	-17,95	-2862,2	-705,0	-1067,92	-264,77	-17,95	-2862,2	-705,0
10	M6X	-1157,87	-308,33	-19,23	-3194,9	-938,8	-1282,85	-308,33	-19,23	-3194,9	-938,8
9	M6X	-1353,19	-347,76	-20,21	-3492,5	-1163,8	-1496,61	-347,76	-20,21	-3492,5	-1163,8
8	M6X	-1549,49	-383,77	-20,80	-3735,0	-1383,1	-1709,49	-383,77	-20,80	-3735,0	-1383,1
7	M6X	-1746,87	-427,62	-20,99	-3904,4	-1613,1	-1921,58	-427,62	-20,99	-3904,4	-1613,1
6	M6X	-1944,83	-468,13	-20,01	-3930,7	-1884,3	-2132,01	-468,13	-20,01	-3930,8	-1884,3
5	M6X	-2169,48	-390,14	-33,55	-4003,9	-1950,8	-2367,84	-390,14	-33,55	-4003,9	-1950,8
4	M6X	-2395,70	-452,34	-30,31	-4067,4	-2159,2	-2603,67	-452,34	-30,31	-4067,4	-2159,3
3	M6X	-2621,82	-521,60	-27,27	-3698,8	-2656,8	-2837,05	-521,60	-27,27	-3698,8	-2656,8
2	M6X	-2852,16	-712,79	-22,56	-2994,3	-3536,0	-3072,30	-712,79	-22,56	-2994,3	-3536,0
1	M6X	-3077,50	-942,25	-2,65	-1814,6	-5148,5	-3300,08	-942,25	-2,65	-1814,6	-5148,5
15	M7X	-98,98	-40,32	-1,57	-94,6	-85,2	-106,83	-40,32	-1,57	-94,6	-85,2
14	M7X	-201,79	-25,51	-2,94	-229,9	-91,8	-221,80	-25,51	-2,94	-229,9	-91,8
13	M7X	-305,68	-63,27	-4,32	-393,9	-147,5	-337,56	-63,27	-4,32	-393,9	-147,5
12	M7X	-409,27	-90,84	-5,59	-661,7	-180,4	-452,73	-90,84	-5,59	-661,7	-180,4
11	M7X	-512,77	-111,25	-6,87	-1037,1	-198,9	-567,21	-111,25	-6,87	-1037,1	-198,9
10	M7X	-615,87	-127,82	-7,95	-1515,9	-209,1	-680,62	-127,82	-7,95	-1515,9	-209,1
9	M7X	-718,58	-143,03	-8,93	-2088,7	-214,8	-792,94	-143,03	-8,93	-2088,8	-214,8
8	M7X	-820,90	-158,43	-9,71	-2746,5	-217,6	-903,80	-158,43	-9,71	-2746,5	-217,6
7	M7X	-922,53	-179,23	-10,50	-3475,2	-234,4	-1013,08	-179,23	-10,50	-3475,3	-234,4
6	M7X	-1023,77	-201,30	-10,40	-4179,6	-302,1	-1120,89	-201,30	-10,40	-4179,6	-302,1
5	M7X	-1138,65	-152,74	-17,85	-5077,4	-267,3	-1241,46	-152,74	-17,85	-5077,4	-267,3
4	M7X	-1252,84	-202,38	-17,17	-6131,5	-345,5	-1360,75	-202,38	-17,17	-6131,5	-345,5
3	M7X	-1365,94	-270,95	-16,87	-7111,3	-486,2	-1477,78	-270,95	-16,87	-7111,3	-486,2
2	M7X	-1477,88	-395,54	-17,27	-7978,3	-746,7	-1592,26	-395,54	-17,27	-7978,4	-746,7

Tabla 17. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]
1	M7X	-1589,02	-516,10	-3,34	-7767,7	-1186,8	-1704,68	-516,10	-3,34	-7767,8	-1186,8
15	M14X	-158,43	-605,67	-0,39	-0,6	-767,9	-171,18	-605,67	-0,39	-0,6	-767,9
14	M14X	-332,07	-894,08	-1,28	-1,7	-1136,5	-365,32	-894,08	-1,28	-1,7	-1136,5
13	M14X	-500,21	-1223,90	-2,16	-2,8	-1590,5	-552,99	-1223,90	-2,16	-2,8	-1590,5
12	M14X	-667,86	-1552,24	-2,94	-3,7	-2055,2	-739,58	-1552,24	-2,94	-3,7	-2055,2
11	M14X	-835,62	-1860,96	-3,63	-4,6	-2508,9	-925,28	-1860,96	-3,63	-4,6	-2508,9
10	M14X	-1003,56	-2141,72	-4,32	-5,5	-2942,3	-1110,10	-2141,72	-4,32	-5,5	-2942,3
9	M14X	-1171,71	-2389,62	-4,81	-6,2	-3348,6	-1293,94	-2389,62	-4,81	-6,2	-3348,6
8	M14X	-1340,14	-2597,49	-5,40	-6,9	-3716,9	-1476,50	-2597,49	-5,40	-6,9	-3716,9
7	M14X	-1508,97	-2758,08	-5,79	-7,6	-4036,7	-1657,79	-2758,08	-5,79	-7,6	-4036,7
6	M14X	-1677,22	-2822,53	-6,08	-8,1	-4254,5	-1836,73	-2822,53	-6,08	-8,1	-4254,5
5	M14X	-1869,49	-3290,67	-10,50	-14,1	-4980,8	-2038,42	-3290,67	-10,50	-14,1	-4980,8
4	M14X	-2062,65	-3240,64	-10,89	-14,7	-5055,0	-2239,82	-3240,64	-10,89	-14,7	-5055,0
3	M14X	-2255,32	-3106,04	-10,89	-14,9	-5014,4	-2438,77	-3106,04	-10,89	-14,9	-5014,4
2	M14X	-2447,99	-2788,20	-10,69	-14,9	-4715,2	-2635,55	-2788,20	-10,69	-14,9	-4715,2
1	M14X	-2632,91	-1699,88	-0,78	-2,0	-3531,1	-2822,63	-1699,88	-0,78	-2,0	-3531,1
15	M1Y	-223,18	-122,53	-1,18	-236,3	-388,8	-240,44	-122,53	-1,18	-236,3	-388,8
14	M1Y	-485,20	-85,25	-0,49	-392,5	-696,3	-532,58	-85,25	-0,49	-392,5	-696,3
13	M1Y	-735,36	-192,96	-0,29	-1172,0	-1245,4	-811,19	-192,96	-0,29	-1172,1	-1245,4
12	M1Y	-986,89	-288,81	-0,20	-2685,6	-2405,3	-1090,38	-288,81	-0,20	-2685,6	-2405,4
11	M1Y	-1236,06	-367,88	-0,20	-4646,0	-4049,5	-1365,85	-367,97	-0,20	-4646,0	-4049,6
10	M1Y	-1484,65	-437,23	-0,20	-6951,2	-6071,9	-1639,15	-437,23	-0,20	-6951,2	-6072,0
9	M1Y	-1731,96	-500,02	-0,20	-9561,2	-8425,1	-1909,22	-500,02	-0,20	-9561,2	-8425,1
8	M1Y	-1977,70	-560,15	-0,29	-12469,8	-11084,5	-2175,56	-560,15	-0,29	-12469,8	-11084,5
7	M1Y	-2221,67	-623,82	-0,39	-15631,7	-14030,5	-2437,79	-623,82	-0,39	-15631,7	-14030,6
6	M1Y	-2462,90	-683,95	-0,88	-19320,4	-17257,5	-2694,51	-683,95	-0,88	-19320,4	-17257,6
5	M1Y	-2739,34	-693,08	-0,20	-22839,4	-20682,4	-2984,99	-693,08	-0,20	-22839,4	-20682,5
4	M1Y	-3015,30	-776,27	-0,88	-26138,5	-24463,4	-3273,11	-776,36	-0,88	-26138,5	-24463,4
3	M1Y	-3286,25	-871,52	-1,96	-30356,7	-28650,4	-3553,38	-871,52	-1,96	-30356,7	-28650,5
2	M1Y	-3551,51	-1021,22	-3,04	-35009,7	-33124,0	-3824,82	-1021,22	-3,04	-35009,7	-33124,1
1	M1Y	-3805,30	-1048,89	-3,73	-43354,1	-37513,1	-4081,65	-1048,89	-3,73	-43354,1	-37513,2
15	M11Y	-120,27	-33,16	-4,71	-24,3	-86,8	-130,28	-33,16	-4,71	-24,3	-86,8
14	M11Y	-228,57	-53,86	-7,26	-104,0	-120,8	-251,63	-53,86	-7,26	-104,0	-120,8
13	M11Y	-340,60	-65,92	-10,01	-204,7	-128,4	-376,80	-65,92	-10,01	-204,7	-128,4
12	M11Y	-453,42	-78,28	-12,65	-322,3	-134,2	-502,27	-78,28	-12,65	-322,3	-134,2
11	M11Y	-566,72	-88,39	-15,21	-466,2	-133,8	-627,84	-88,39	-15,21	-466,2	-133,8
10	M11Y	-680,42	-97,22	-17,56	-638,3	-130,1	-753,02	-97,22	-17,56	-638,3	-130,1
9	M11Y	-794,61	-104,57	-19,52	-837,9	-150,3	-877,90	-104,57	-19,52	-837,9	-150,3
8	M11Y	-909,29	-110,17	-21,19	-1061,4	-177,5	-1002,19	-110,17	-21,19	-1061,4	-177,5
7	M11Y	-1024,75	-115,86	-22,56	-1302,4	-208,3	-1126,19	-115,86	-22,56	-1302,4	-208,3
6	M11Y	-1141,39	-131,55	-22,56	-1546,5	-272,2	-1250,19	-131,55	-22,56	-1546,5	-272,2
5	M11Y	-1272,75	-90,64	-40,22	-1853,0	-248,4	-1387,92	-90,64	-40,22	-1853,0	-248,4

Tabla 17. Comparación de fuerzas en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kN-m]	M3 [kN-m]
4	M11Y	-1403,71	-106,54	-38,75	-2157,8	-277,2	-1524,28	-106,54	-38,75	-2157,8	-277,2
3	M11Y	-1536,74	-102,42	-37,28	-2406,5	-305,0	-1661,52	-102,42	-37,28	-2406,5	-305,0
2	M11Y	-1671,82	-118,01	-34,34	-2593,1	-392,8	-1799,45	-118,01	-34,34	-2593,1	-392,8
1	M11Y	-1810,44	-293,32	-5,98	-2635,0	-941,2	-1939,44	-293,32	-5,98	-2635,0	-941,2
15	M14Y	-150,68	-35,32	-10,01	-132,3	-442,2	-162,75	-35,32	-10,01	-132,3	-442,2
14	M14Y	-312,25	-89,07	-10,10	-254,3	-649,9	-343,15	-89,07	-10,10	-254,3	-649,9
13	M14Y	-472,84	-119,49	-11,77	-305,1	-677,5	-522,19	-119,49	-11,77	-305,1	-677,5
12	M14Y	-633,24	-149,50	-13,24	-312,1	-1240,2	-700,43	-149,50	-13,24	-312,1	-1240,2
11	M14Y	-793,24	-175,60	-14,72	-294,1	-2133,6	-877,50	-175,70	-14,72	-294,1	-2133,6
10	M14Y	-952,85	-198,95	-15,99	-262,0	-3280,4	-1053,01	-198,95	-15,99	-262,0	-3280,4
9	M14Y	-1111,67	-219,16	-17,07	-221,8	-4643,1	-1226,64	-219,16	-17,07	-221,8	-4643,1
8	M14Y	-1269,81	-236,03	-17,76	-181,3	-6198,3	-1398,12	-236,03	-17,76	-181,3	-6198,3
7	M14Y	-1426,96	-250,84	-18,15	-180,7	-7938,3	-1567,05	-250,84	-18,15	-180,7	-7938,3
6	M14Y	-1582,75	-280,47	-16,68	-268,3	-9963,3	-1732,84	-280,47	-16,68	-268,3	-9963,4
5	M14Y	-1760,40	-255,65	-24,62	-384,8	-11987,4	-1919,42	-255,65	-24,62	-384,8	-11987,5
4	M14Y	-1937,57	-280,27	-21,58	-515,3	-14155,7	-2104,54	-280,27	-21,58	-515,3	-14155,7
3	M14Y	-2112,68	-276,84	-19,62	-776,6	-16545,5	-2285,63	-276,84	-19,62	-776,6	-16545,6
2	M14Y	-2285,63	-291,26	-17,27	-1271,5	-19230,2	-2462,60	-291,26	-17,27	-1271,5	-19230,2
1	M14Y	-2456,03	-478,73	-1,18	-1926,8	-23225,6	-2634,97	-478,73	-1,18	-1926,8	-23225,7
15	M16Y	-81,82	-39,63	-0,39	-0,7	-51,6	-88,29	-39,63	-0,39	-0,7	-51,6
14	M16Y	-172,07	-119,78	-0,59	-1,0	-154,7	-189,14	-119,78	-0,59	-1,0	-154,7
13	M16Y	-261,34	-205,03	-0,78	-1,3	-268,6	-288,71	-205,03	-0,78	-1,3	-268,6
12	M16Y	-350,22	-285,47	-1,08	-1,5	-381,7	-387,50	-285,47	-1,08	-1,5	-381,7
11	M16Y	-438,70	-358,26	-1,28	-1,7	-490,3	-485,40	-358,26	-1,28	-1,7	-490,3
10	M16Y	-527,09	-423,89	-1,47	-1,9	-594,7	-582,62	-423,89	-1,47	-1,9	-594,8
9	M16Y	-615,19	-482,65	-1,57	-2,1	-695,1	-678,95	-482,65	-1,57	-2,1	-695,1
8	M16Y	-703,08	-534,84	-1,77	-2,2	-791,2	-774,21	-534,84	-1,77	-2,2	-791,2
7	M16Y	-790,59	-580,46	-1,86	-2,3	-882,7	-868,28	-580,46	-1,86	-2,3	-882,7
6	M16Y	-877,41	-610,97	-1,96	-2,6	-958,2	-960,60	-610,97	-1,96	-2,6	-958,2
5	M16Y	-976,68	-702,59	-2,94	-4,1	-1113,7	-1064,78	-702,69	-2,94	-4,1	-1113,7
4	M16Y	-1076,06	-718,48	-3,04	-4,1	-1177,6	-1168,57	-718,48	-3,04	-4,1	-1177,6
3	M16Y	-1173,67	-719,27	-3,04	-4,5	-1220,6	-1269,51	-719,27	-3,04	-4,5	-1220,6
2	M16Y	-1268,63	-689,74	-2,35	-3,6	-1221,9	-1366,63	-689,74	-2,35	-3,6	-1221,9
1	M16Y	-1357,70	-495,90	-1,18	-2,9	-1013,3	-1456,79	-495,90	-1,18	-2,9	-1013,3

Tabla 18. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	% INCREMENTO DE FUERZAS				
		P	V2	V3	M2	M3
15	M1X	7,87%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	M1X	9,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M1X	10,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	M1X	10,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M1X	10,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M1X	10,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M1X	10,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M1X	9,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M1X	9,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M1X	9,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M1X	8,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M1X	8,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M1X	8,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M1X	7,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M1X	7,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	M6X	8,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	M6X	10,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M6X	10,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	M6X	10,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M6X	10,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M6X	10,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M6X	10,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M6X	10,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M6X	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M6X	9,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M6X	9,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M6X	8,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M6X	8,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M6X	7,72%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M6X	7,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	M7X	7,93%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
14	M7X	9,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M7X	10,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	M7X	10,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M7X	10,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M7X	10,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M7X	10,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M7X	10,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M7X	9,81%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M7X	9,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M7X	9,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M7X	8,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 18. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

PISO	W	% INCREMENTO DE FUERZAS				
		P	V2	V3	M2	M3
3	M7X	8,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M7X	7,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M7X	7,28%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	M14X	8,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	M14X	10,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M14X	10,55%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	M14X	10,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M14X	10,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M14X	10,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M14X	10,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M14X	10,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M14X	9,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M14X	9,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M14X	9,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M14X	8,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M14X	8,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M14X	7,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M14X	7,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Máx.		10,92%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
15	M1Y	7,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	M1Y	9,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M1Y	10,31%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	M1Y	10,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M1Y	10,50%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M1Y	10,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M1Y	10,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M1Y	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M1Y	9,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M1Y	9,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M1Y	8,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M1Y	8,55%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M1Y	8,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M1Y	7,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M1Y	7,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	M11Y	8,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	M11Y	10,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M11Y	10,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
12	M11Y	10,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M11Y	10,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M11Y	10,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M11Y	10,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M11Y	10,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 18. Incremento de fuerzas en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

PISO	W	% INCREMENTO DE FUERZAS				
		P	V2	V3	M2	M3
7	M11Y	9,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M11Y	9,53%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M11Y	9,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M11Y	8,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M11Y	8,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M11Y	7,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M11Y	7,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	M14Y	8,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	M14Y	9,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M14Y	10,44%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	M14Y	10,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M14Y	10,62%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M14Y	10,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M14Y	10,34%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M14Y	10,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M14Y	9,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M14Y	9,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M14Y	9,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M14Y	8,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M14Y	8,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M14Y	7,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M14Y	7,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	M16Y	7,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	M16Y	9,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	M16Y	10,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	M16Y	10,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
11	M16Y	10,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	M16Y	10,53%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	M16Y	10,37%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	M16Y	10,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7	M16Y	9,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	M16Y	9,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	M16Y	9,02%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
4	M16Y	8,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	M16Y	8,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	M16Y	7,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	M16Y	7,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Máx.		10,78%	0,06%	0,00%	0,00%	0,01%

Semejante a lo que sucede con las fuerzas aplicadas y como era de esperarse, ocurre un incremento en los esfuerzos de los elementos de las edificaciones, modeladas (ver gráficos Anexo C). Sin embargo insistimos en la importancia de profundizar en el tema, mediante análisis investigativo, que permita establecer unos parámetros más reales a la hora de considerar la componente vertical sísmica; como por ejemplo la ductilidad y los coeficientes de amortiguamiento y reducción de los diferentes sistemas estructurales, en el sentido de la gravedad.

Tabla 19. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica [kPa].

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		S11	S22	S12	S13	S23	S11	S22	S12	S13	S23
3	M1X	-129,03	-520,12	-41,14	-2,61	6,49	-138,26	-557,12	-43,76	-2,84	7,05
	M6X	-72,57	-290,28	-51,59	0,49	-3,46	-81,05	-324,21	-53,88	0,53	-3,82
	M7X	-69,30	-277,18	-54,24	-0,19	2,54	-69,99	-279,95	-56,77	-0,19	2,57
	M14X	-39,41	-157,62	-290,77	-0,11	-1,14	-40,06	-160,25	-295,84	-0,11	-1,14
	M1Y	-37,44	-149,75	-77,66	0,04	-0,62	-38,80	-155,21	-79,61	0,05	-0,65
	M14Y	-170,79	-683,18	-33,91	-1,98	-10,84	-184,94	-739,74	-36,69	-2,15	-11,72
	M11Y	-79,15	-316,60	-20,49	-0,06	-3,43	-84,37	-337,46	-23,36	-0,06	-3,66
	M16Y	-31,12	-124,46	-155,54	0,00	-0,38	-31,85	-127,39	-156,81	0,00	-0,38
2	M1X	-181,61	-747,34	-36,95	-2,79	7,00	-189,85	-776,92	-39,13	-2,93	7,43
	M6X	-133,41	-533,63	-128,37	0,62	-4,14	-143,96	-575,84	-128,83	0,64	-4,39
	M7X	-132,64	-530,54	-131,65	-0,10	3,58	-134,75	-539,02	-132,97	-0,10	3,60
	M14X	-89,32	-357,28	417,47	-0,13	-1,74	-91,26	-365,04	420,08	-0,13	-1,74
	M1Y	-89,93	-359,73	-129,26	0,12	-0,95	-92,34	-369,36	-130,13	0,12	-0,96
	M14Y	-172,64	-690,55	-65,57	1,62	-10,26	-182,24	-728,97	-66,03	1,69	-10,82
	M11Y	-136,73	-546,94	-44,56	-0,04	-4,76	-142,34	-569,36	-46,25	-0,04	-4,94
	M16Y	-69,65	-278,58	210,10	0,00	-0,44	-71,43	-285,71	211,24	0,00	-0,44
1	M1X	-219,44	-899,93	-118,83	2,60	2,92	-225,15	-923,26	-121,10	2,72	3,06
	M6X	-199,37	-798,49	-182,29	-0,56	-1,23	-209,63	-838,76	-183,10	-0,58	-1,28
	M7X	-182,11	-728,44	-174,75	-0,11	0,95	-185,15	-740,59	-175,14	-0,11	0,95
	M14X	-123,38	-493,50	299,63	-0,11	-0,41	-128,41	-513,62	301,16	-0,11	-0,41
	M1Y	-170,69	-682,82	-150,58	-0,12	-0,41	-173,51	-694,30	-150,88	-0,12	-0,41
	M14Y	-238,25	-953,01	-133,66	-1,45	-3,05	-244,77	-979,08	-135,36	-1,52	-3,19
	M11Y	-182,87	-731,49	-100,52	-0,03	-1,08	-189,25	-756,99	-101,06	-0,03	-1,12
	M16Y	-108,25	-433,02	175,61	0,00	-0,15	-110,65	-442,59	-175,81	0,00	-0,15

Al igual que sucede con la edificación de 3 pisos, para las otras estructuras modeladas, también se mira que el porcentaje de incremento de esfuerzos es mayor en los pisos superiores y va disminuyendo ligeramente hacia los inferiores; con algunas pocas excepciones (ver gráficos Anexo C).

Tabla 20. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 3 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

PISO	W	% INCREMENTO DE ESFUERZOS				
		S11	S22	S12	S13	S23
3	M1X	7,15%	7,11%	6,37%	8,81%	8,63%
	M6X	11,69%	11,69%	4,44%	8,16%	10,40%
	M7X	1,00%	1,00%	4,66%	0,00%	1,18%
	M14X	1,65%	1,67%	1,74%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,63%	3,65%	2,51%	25,00%	4,84%
	M14Y	8,29%	8,28%	8,20%	8,59%	8,12%
	M11Y	6,60%	6,59%	14,01%	0,00%	6,71%
	M16Y	2,35%	2,35%	0,82%		0,00%
2	M1X	4,54%	3,96%	5,90%	5,02%	6,14%
	M6X	7,91%	7,91%	0,36%	3,23%	6,04%
	M7X	1,59%	1,60%	1,00%	0,00%	0,56%
	M14X	2,17%	2,17%	0,63%	0,00%	0,00%
	M1Y	2,68%	2,68%	0,67%	0,00%	1,05%
	M14Y	5,56%	5,56%	0,70%	4,32%	5,46%
	M11Y	4,10%	4,10%	3,79%	0,00%	3,78%
	M16Y	2,56%	2,56%	0,54%		0,00%
1	M1X	2,60%	2,59%	1,91%	4,62%	4,79%
	M6X	5,15%	5,04%	0,44%	3,57%	4,07%
	M7X	1,67%	1,67%	0,22%	0,00%	0,00%
	M14X	4,08%	4,08%	0,51%	0,00%	0,00%
	M1Y	1,65%	1,68%	0,20%	0,00%	0,00%
	M14Y	2,74%	2,74%	1,27%	4,83%	4,59%
	M11Y	3,49%	3,49%	0,54%	0,00%	3,70%
	M16Y	2,22%	2,21%	0,11%		0,00%
Máx.		11,69%	11,69%	14,01%	25,00%	10,40%

Tabla 21. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 5 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica [kPa].

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		S11	S22	S12	S13	S23	S11	S22	S12	S13	S23
5	M1X	-142,68	-575,84	-43,52	-2,63	6,70	-154,46	-623,18	-46,88	-2,88	7,36
	M6X	-88,38	-353,50	62,99	-0,45	3,58	-92,38	-369,52	-64,79	-0,45	3,70
	M14X	-42,86	-171,46	510,83	-0,13	-1,36	-45,20	-180,79	521,55	-0,13	-1,36
	M1Y	-43,12	-172,46	-69,10	-0,07	-0,94	-45,87	-183,49	-73,20	-0,07	-0,99
	M14Y	-228,70	-914,79	33,26	-2,61	-14,17	-245,03	-980,13	35,12	-2,80	-15,16
	M11Y	-97,26	-389,03	-41,28	-0,16	-4,83	-101,54	-406,14	-45,56	-0,16	-4,91
	M16Y	-35,21	-140,85	205,43	0,00	-0,51	-37,67	-150,66	212,75	0,00	-0,51
4	M1X	-192,21	-786,20	-32,85	-2,70	6,81	-205,22	-837,34	-33,56	-2,92	7,40
	M6X	-160,52	-642,07	102,94	1,00	-6,84	-166,95	-667,78	104,30	1,02	-7,09
	M7X	-162,45	-649,81	-87,67	-0,41	4,86	-169,77	-679,09	-88,67	-0,41	4,96
	M14X	-99,62	-398,48	691,94	-0,20	-2,35	-106,20	-424,80	700,93	-0,20	-2,35
	M1Y	-89,45	-357,81	-125,84	-0,06	-0,64	-95,37	-381,46	-128,45	-0,06	-0,67
	M14Y	-248,77	-995,09	-65,13	2,19	-13,41	-265,35	-1061,41	-65,74	2,32	-14,19
	M11Y	-176,89	-707,56	-51,90	-0,12	-7,38	-183,91	-735,66	-55,01	-0,12	-7,45
	M16Y	-78,40	-313,60	313,45	0,00	-0,75	-84,63	-338,53	320,25	0,00	-0,75
3	M1X	-252,76	-1031,10	-50,93	-2,91	7,11	-267,42	-1090,06	-51,48	-3,08	7,58
	M6X	-207,29	-829,18	-156,49	1,03	-7,62	-222,60	-890,42	-158,02	1,05	-7,82
	M7X	-230,49	-921,97	-161,09	-0,24	5,81	-240,51	-962,03	-161,89	-0,24	5,89
	M14X	-150,87	-603,46	814,62	-0,25	-3,15	-160,80	-643,21	821,47	-0,25	-3,15
	M1Y	-159,47	-637,89	-181,29	-0,06	-0,90	-167,79	-671,18	-183,52	-0,06	-0,92
	M14Y	-274,67	-1098,67	-85,34	-2,20	-13,91	-292,36	-1169,43	-86,37	-2,31	-14,53
	M11Y	-246,87	-987,47	-57,80	-0,09	-9,09	-257,81	-1031,26	-60,22	-0,09	-9,15
	M16Y	-124,20	-496,82	382,69	0,00	-1,01	-133,61	-534,46	388,05	0,00	-1,01
2	M1X	-353,42	-1464,48	-63,97	-3,11	7,77	-366,70	-1519,42	-65,59	-3,20	8,07
	M6X	-276,45	-1105,79	-234,19	1,10	-7,74	-293,99	-1175,95	-235,00	1,11	-7,87
	M7X	-297,77	-1191,10	-239,78	-0,17	6,50	-309,58	-1238,31	-240,29	-0,17	6,55
	M14X	-195,26	-781,04	834,33	-0,25	-3,53	-207,59	-830,36	839,24	-0,25	-3,53
	M1Y	-254,92	-1019,66	235,59	0,20	-1,43	-264,94	-1059,75	235,84	0,20	-1,44
	M14Y	-297,83	-1191,33	-110,97	-2,11	-13,84	-313,78	-1255,11	-111,83	-2,19	-14,24
	M11Y	-300,82	-1203,27	-73,06	-0,06	-9,67	-314,69	-1258,77	-74,61	-0,06	-9,71
	M16Y	-169,26	-677,02	404,39	0,00	-0,91	-180,95	-723,81	407,86	0,00	-0,91
1	M1X	-403,62	-1667,93	-168,34	2,92	3,19	-416,12	-1719,73	-169,72	3,00	3,28
	M6X	-369,23	-1477,63	-300,60	-0,99	-2,02	-387,00	-1549,17	-301,14	-1,00	-2,05
	M7X	-340,98	-1363,92	-293,64	-0,17	1,52	-353,56	-1414,22	-293,78	-0,17	1,52
	M14X	-224,75	-899,02	536,00	-0,21	-0,70	-240,18	-960,73	537,66	-0,21	-0,70
	M1Y	-370,49	-1481,97	252,66	-0,19	-0,72	-381,59	-1526,36	252,70	-0,19	-0,72
	M14Y	-432,34	-1729,35	-209,41	-1,79	-3,68	-446,61	-1786,46	-210,38	-1,83	-3,77
	M11Y	-327,67	-1310,69	-168,84	-0,02	-1,96	-343,49	-1373,97	-169,25	-0,02	-1,97
	M16Y	-212,38	-849,53	307,89	0,00	-0,34	-225,26	-901,04	308,47	0,00	-0,34

Tabla 22. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 5 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

		% INCREMENTO DE ESFUERZOS				
PISO	W	S11	S22	S12	S13	S23
5	M1X	8,26%	8,22%	7,72%	9,51%	9,85%
	M6X	4,53%	4,53%	2,86%	0,00%	3,35%
	M14X	5,46%	5,44%	2,10%	0,00%	0,00%
	M1Y	6,38%	6,40%	5,93%	0,00%	5,32%
	M14Y	7,14%	7,14%	5,59%	7,28%	6,99%
	M11Y	4,40%	4,40%	10,37%	0,00%	1,66%
	M16Y	6,99%	6,96%	3,56%		0,00%
4	M1X	6,77%	6,50%	2,16%	8,15%	8,66%
	M6X	4,01%	4,00%	1,32%	2,00%	3,65%
	M7X	4,51%	4,51%	1,14%	0,00%	2,06%
	M14X	6,61%	6,61%	1,30%	0,00%	0,00%
	M1Y	6,62%	6,61%	2,07%	0,00%	4,69%
	M14Y	6,66%	6,66%	0,94%	5,94%	5,82%
	M11Y	3,97%	3,97%	5,99%	0,00%	0,95%
3	M1X	5,80%	5,72%	1,08%	5,84%	6,61%
	M6X	7,39%	7,39%	0,98%	1,94%	2,62%
	M7X	4,35%	4,35%	0,50%	0,00%	1,38%
	M14X	6,58%	6,59%	0,84%	0,00%	0,00%
	M1Y	5,22%	5,22%	1,23%	0,00%	2,22%
	M14Y	6,44%	6,44%	1,21%	5,00%	4,46%
	M11Y	4,43%	4,43%	4,19%	0,00%	0,66%
2	M1X	3,76%	3,75%	2,53%	2,89%	3,86%
	M6X	6,34%	6,34%	0,35%	0,91%	1,68%
	M7X	3,97%	3,96%	0,21%	0,00%	0,77%
	M14X	6,31%	6,31%	0,59%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,93%	3,93%	0,11%	0,00%	0,70%
	M14Y	5,36%	5,35%	0,77%	3,79%	2,89%
	M11Y	4,61%	4,61%	2,12%	0,00%	0,41%
1	M1X	3,10%	3,11%	0,82%	2,74%	2,82%
	M6X	4,81%	4,84%	0,18%	1,01%	1,49%
	M7X	3,69%	3,69%	0,05%	0,00%	0,00%
	M14X	6,87%	6,86%	0,31%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,00%	3,00%	0,02%	0,00%	0,00%
	M14Y	3,30%	3,30%	0,46%	2,23%	2,45%
	M11Y	4,83%	4,83%	0,24%	0,00%	0,51%
	M16Y	6,06%	6,06%	0,19%		0,00%
	Máx.	8,26%	8,22%	10,37%	9,51%	9,85%

Tabla 23. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica [kPa].

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		S11	S22	S12	S13	S23	S11	S22	S12	S13	S23
10	M1X	-156,00	-630,41	-59,33	2,68	7,51	-169,23	-683,60	-63,12	2,94	8,19
	M6X	-228,75	-915,01	-67,33	2,16	-15,09	-230,65	-922,62	-70,97	2,20	-15,39
	M7X	-115,58	-462,31	-97,05	-0,69	4,44	-120,85	-483,41	-98,49	-0,69	4,59
	M14X	-38,99	-155,98	677,91	-0,10	-1,00	-41,92	-167,69	688,40	-0,10	-1,00
	M1Y	-52,64	-210,55	-95,00	-0,11	-1,48	-56,27	-225,07	-100,19	-0,11	-1,54
	M14Y	-406,67	-1626,70	56,97	-4,57	-25,28	-424,95	-1699,81	59,37	-4,77	-26,34
	M11Y	-121,85	-487,40	-84,21	-0,48	-6,36	-125,73	-502,91	-88,54	-0,48	-6,39
	M16Y	-40,18	-160,74	194,88	0,00	-0,70	-43,30	-173,22	202,84	0,00	-0,70
9	M1X	-212,75	-871,22	-35,03	-2,77	6,67	-227,78	-931,94	-35,80	-3,01	7,29
	M6X	-317,12	-1268,46	95,48	2,39	-16,53	-323,09	-1292,35	96,46	2,42	-16,81
	M7X	-186,96	-747,86	-90,56	-0,70	6,30	-196,81	-787,26	-91,21	-0,70	6,45
	M14X	-101,57	-406,27	947,77	-0,20	-2,38	-109,66	-438,66	957,30	-0,20	-2,38
	M1Y	-98,28	-393,12	-108,94	-0,10	-1,03	-105,18	-420,73	-112,50	-0,11	-1,07
	M14Y	-412,35	-1649,39	92,37	3,87	-23,22	-431,75	-1727,01	93,41	4,01	-24,08
	M11Y	-217,00	-868,02	-83,02	-0,37	-9,91	-225,56	-902,23	-86,35	-0,37	-9,93
	M16Y	-85,79	-343,16	351,73	0,00	-0,99	-93,76	-375,03	359,57	0,00	-0,99
8	M1X	-273,23	-1120,67	-63,84	-2,99	6,85	-292,69	-1199,28	-65,47	-3,22	7,43
	M6X	-398,08	-1592,32	149,02	2,69	-18,59	-409,14	-1636,55	149,89	2,72	-18,85
	M7X	-268,81	-1075,25	-137,13	-0,75	8,25	-283,02	-1132,07	-137,77	-0,75	8,39
	M14X	-161,09	-644,37	1235,10	-0,30	-3,75	-173,86	-695,43	1243,89	-0,30	-3,75
	M1Y	-158,24	-632,95	-172,47	0,07	-1,07	-169,62	-678,50	-176,15	0,07	-1,11
	M14Y	-480,86	-1923,44	116,74	4,06	-24,70	-504,48	-2017,93	117,88	4,19	-25,53
	M11Y	-314,47	-1257,89	-95,46	-0,38	-13,39	-327,66	-1310,64	-98,56	-0,38	-13,41
	M16Y	-132,23	-528,91	488,95	0,00	-1,39	-144,80	-579,21	496,28	0,00	-1,39
7	M1X	-331,77	-1364,26	-67,30	-3,14	7,15	-354,17	-1455,23	-68,32	-3,35	7,69
	M6X	-469,41	-1877,65	191,64	2,87	-20,27	-485,28	-1941,13	192,49	2,90	-20,51
	M7X	-358,86	-1435,42	-177,01	-0,85	9,96	-377,12	-1508,48	-177,59	-0,85	10,09
	M14X	-218,60	-874,38	1504,88	-0,39	-4,98	-235,68	-942,73	1512,85	-0,39	-4,98
	M1Y	-224,13	-896,51	-221,66	-0,07	-1,14	-239,53	-958,14	-224,90	-0,07	-1,17
	M14Y	-540,57	-2162,27	137,61	4,33	-26,23	-567,17	-2268,69	138,70	4,45	-26,99
	M11Y	-410,94	-1643,75	-107,09	-0,38	-16,73	-428,46	-1713,85	-109,90	-0,38	-16,75
	M16Y	-180,74	-722,95	613,37	0,00	-1,74	-197,59	-790,36	620,02	0,00	-1,74
6	M1X	-406,96	-1676,98	-78,35	-3,28	7,44	-432,19	-1779,62	-79,34	-3,45	7,92
	M6X	-530,30	-2121,21	228,79	3,00	-21,39	-550,72	-2202,87	229,50	3,03	-21,61
	M7X	-453,32	-1813,28	-211,67	-0,93	11,41	-475,21	-1900,86	-212,19	-0,93	11,52
	M14X	-273,93	-1095,74	1737,93	-0,47	-6,06	-294,92	-1179,66	1744,93	-0,47	-6,06
	M1Y	-322,34	-1289,37	-263,86	0,07	-1,19	-341,48	-1365,90	-266,74	0,07	-1,22
	M14Y	-585,19	-2340,77	153,70	4,51	-27,79	-614,85	-2459,40	154,69	4,62	-28,47
	M11Y	-503,58	-2014,33	-115,56	-0,37	-19,66	-525,04	-2100,17	-118,05	-0,37	-19,67
	M16Y	-236,29	-945,17	720,07	0,00	-2,05	-257,01	-1028,04	725,92	0,00	-2,05

Tabla 23. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica [kPa] (continuación).

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		S11	S22	S12	S13	S23	S11	S22	S12	S13	S23
5	M1X	-516,02	-2138,76	-83,64	-3,40	7,70	-543,28	-2249,95	-84,31	-3,55	8,11
	M6X	-578,89	-2315,56	262,47	-3,01	-21,82	-603,34	-2413,36	263,11	-3,04	-22,01
	M7X	-550,56	-2202,24	-241,37	-0,94	12,53	-575,56	-2302,25	-241,81	-0,94	12,62
	M14X	-327,01	-1308,04	1916,88	-0,53	-6,97	-351,38	-1405,53	1922,79	-0,53	-6,97
	M1Y	-435,66	-1742,64	306,59	-0,07	-1,22	-458,01	-1832,03	306,85	-0,07	-1,24
	M14Y	-611,34	-2445,36	-170,24	4,56	-28,64	-643,02	-2572,06	-170,84	4,65	-29,22
	M11Y	-589,39	-2357,56	-120,96	-0,35	-21,98	-614,29	-2457,15	-123,08	-0,35	-22,00
	M16Y	-294,50	-1177,99	807,64	0,00	-2,29	-318,58	-1274,32	812,59	0,00	-2,29
4	M1X	-641,43	-2671,25	-92,25	-3,47	7,96	-669,92	-2788,63	-92,70	-3,59	8,29
	M6X	-610,68	-2442,71	300,13	-2,99	-21,46	-638,62	-2554,46	300,64	-3,01	-21,61
	M7X	-647,66	-2590,64	-271,68	-0,92	13,23	-675,18	-2700,72	272,04	-0,92	13,31
	M14X	-377,39	-1509,54	2021,14	-0,58	-7,69	-404,57	-1618,28	2025,86	-0,58	-7,69
	M1Y	-562,15	-2248,62	356,08	0,12	-1,21	-587,15	-2348,62	356,28	0,12	-1,23
	M14Y	-660,10	-2640,40	-187,53	-4,54	-28,45	-680,24	-2720,96	-188,08	-4,63	-28,91
	M11Y	-664,39	-2657,54	-125,59	-0,32	-23,49	-692,14	-2768,55	-127,28	-0,32	-23,50
	M16Y	-354,27	-1417,07	870,51	0,00	-2,45	-381,14	-1524,55	874,47	0,00	-2,45
3	M1X	-779,90	-3251,16	-95,84	-3,67	8,20	-808,88	-3371,76	-96,02	-3,75	8,44
	M6X	-623,12	-2492,46	-338,32	-2,90	-19,98	-653,72	-2614,87	-339,20	-2,92	-20,09
	M7X	-740,64	-2962,55	-347,85	-0,74	13,33	-770,02	-3080,08	-348,11	-0,74	13,39
	M14X	-422,78	-1691,11	2017,42	-0,59	-8,05	-452,13	-1808,54	2021,05	-0,59	-8,05
	M1Y	-703,77	-2815,06	406,44	-0,12	-1,42	-730,82	-2923,29	406,59	-0,12	-1,43
	M14Y	-766,33	-3065,33	-199,18	-4,31	-26,67	-790,22	-3160,88	-199,67	-4,38	-27,01
	M11Y	-719,91	-2879,64	-122,60	-0,26	-23,66	-749,87	-2999,47	-123,84	-0,26	-23,67
	M16Y	-413,72	-1654,88	892,55	0,00	-2,57	-442,74	-1770,97	895,45	0,00	-2,57
2	M1X	-968,92	-4033,28	-121,87	-3,86	9,43	-998,00	-4154,51	-122,74	-3,90	9,58
	M6X	-593,32	-2373,28	-463,67	-2,50	-17,50	-626,24	-2504,98	-464,18	-2,52	-17,57
	M7X	-833,61	-3334,44	-470,20	-0,30	13,44	-864,16	-3456,65	-470,36	-0,30	13,47
	M14X	-459,92	-1839,70	1891,47	-0,59	-7,87	-491,29	-1965,17	1893,73	-0,59	-7,87
	M1Y	-865,02	-3460,08	472,94	0,39	-2,35	-893,50	-3574,02	473,03	0,39	-2,36
	M14Y	-873,43	-3493,71	-227,81	-3,77	-23,66	-900,47	-3601,88	-228,21	-3,82	-23,87
	M11Y	-751,63	-3006,51	-142,56	-0,16	-22,12	-783,08	-3132,33	-143,32	-0,16	-22,12
	M16Y	-469,02	-1876,09	881,76	0,00	-2,09	-499,51	-1998,03	883,55	0,00	-2,09
1	M1X	-1080,34	-4356,59	-298,11	3,68	3,83	-1109,45	-4472,32	-298,63	3,71	3,87
	M6X	-827,33	-3309,30	-596,37	-2,11	-4,09	-861,61	-3446,43	-596,67	-2,12	-4,11
	M7X	-770,87	-3083,46	-586,35	-0,20	2,83	-801,90	-3207,62	-586,40	-0,20	2,84
	M14X	-518,18	-2072,73	1129,99	-0,45	-1,33	-550,30	-2201,21	1130,62	-0,45	-1,33
	M1Y	-1062,90	-4251,61	512,53	-0,36	-1,59	-1092,12	-4368,47	512,58	-0,36	-1,59
	M14Y	-1097,14	-4388,57	-405,29	-2,75	-5,42	-1126,96	-4507,82	-405,76	-2,77	-5,46
	M11Y	-722,78	-2891,12	-345,99	-0,05	-4,15	-754,99	-3019,98	-346,18	-0,05	-4,15
	M16Y	-521,86	-2087,44	645,72	0,00	-0,84	-553,08	-2212,30	646,01	0,00	-0,84

Tabla 24. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

		% INCREMENTO DE ESFUERZOS				
PISO	W	S11	S22	S12	S13	S23
10	M1X	8,48%	8,44%	6,39%	9,70%	9,05%
	M6X	0,83%	0,83%	5,41%	1,85%	1,99%
	M7X	4,56%	4,56%	1,48%	0,00%	3,38%
	M14X	7,51%	7,51%	1,55%	0,00%	0,00%
	M1Y	6,90%	6,90%	5,46%	0,00%	4,05%
	M14Y	4,50%	4,49%	4,21%	4,38%	4,19%
	M11Y	3,18%	3,18%	5,14%	0,00%	0,47%
	M16Y	7,77%	7,76%	4,08%		0,00%
9	M1X	7,06%	6,97%	2,20%	8,66%	9,30%
	M6X	1,88%	1,88%	1,03%	1,26%	1,69%
	M7X	5,27%	5,27%	0,72%	0,00%	2,38%
	M14X	7,96%	7,97%	1,01%	0,00%	0,00%
	M1Y	7,02%	7,02%	3,27%	10,00%	3,88%
	M14Y	4,70%	4,71%	1,13%	3,62%	3,70%
	M11Y	3,94%	3,94%	4,01%	0,00%	0,20%
	M16Y	9,29%	9,29%	2,23%		0,00%
8	M1X	7,12%	7,01%	2,55%	7,69%	8,47%
	M6X	2,78%	2,78%	0,58%	1,12%	1,40%
	M7X	5,29%	5,28%	0,47%	0,00%	1,70%
	M14X	7,93%	7,92%	0,71%	0,00%	0,00%
	M1Y	7,19%	7,20%	2,13%	0,00%	3,74%
	M14Y	4,91%	4,91%	0,98%	3,20%	3,36%
	M11Y	4,19%	4,19%	3,25%	0,00%	0,15%
	M16Y	9,51%	9,51%	1,50%		0,00%
7	M1X	6,75%	6,67%	1,52%	6,69%	7,55%
	M6X	3,38%	3,38%	0,44%	1,05%	1,18%
	M7X	5,09%	5,09%	0,33%	0,00%	1,31%
	M14X	7,81%	7,82%	0,53%	0,00%	0,00%
	M1Y	6,87%	6,87%	1,46%	0,00%	2,63%
	M14Y	4,92%	4,92%	0,79%	2,77%	2,90%
	M11Y	4,26%	4,26%	2,62%	0,00%	0,12%
	M16Y	9,32%	9,32%	1,08%		0,00%
6	M1X	6,20%	6,12%	1,26%	5,18%	6,45%
	M6X	3,85%	3,85%	0,31%	1,00%	1,03%
	M7X	4,83%	4,83%	0,25%	0,00%	0,96%
	M14X	7,66%	7,66%	0,40%	0,00%	0,00%
	M1Y	5,94%	5,94%	1,09%	0,00%	2,52%
	M14Y	5,07%	5,07%	0,64%	2,44%	2,45%
	M11Y	4,26%	4,26%	2,15%	0,00%	0,05%
	M16Y	8,77%	8,77%	0,81%		0,00%

Tabla 24. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 10 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

		% INCREMENTO DE ESFUERZOS				
PISO	W	S11	S22	S12	S13	S23
5	M1X	5,28%	5,20%	0,80%	4,41%	5,32%
	M6X	4,22%	4,22%	0,24%	1,00%	0,87%
	M7X	4,54%	4,54%	0,18%	0,00%	0,72%
	M14X	7,45%	7,45%	0,31%	0,00%	0,00%
	M1Y	5,13%	5,13%	0,08%	0,00%	1,64%
	M14Y	5,18%	5,18%	0,35%	1,97%	2,03%
	M11Y	4,22%	4,22%	1,75%	0,00%	0,09%
	M16Y	8,18%	8,18%	0,61%		0,00%
4	M1X	4,44%	4,39%	0,49%	3,46%	4,15%
	M6X	4,58%	4,57%	0,17%	0,67%	0,70%
	M7X	4,25%	4,25%	0,13%	0,00%	0,60%
	M14X	7,20%	7,20%	0,23%	0,00%	0,00%
	M1Y	4,45%	4,45%	0,06%	0,00%	1,65%
	M14Y	3,05%	3,05%	0,29%	1,98%	1,62%
	M11Y	4,18%	4,18%	1,35%	0,00%	0,04%
	M16Y	7,58%	7,58%	0,45%		0,00%
3	M1X	3,72%	3,71%	0,19%	2,18%	2,93%
	M6X	4,91%	4,91%	0,26%	0,69%	0,55%
	M7X	3,97%	3,97%	0,07%	0,00%	0,45%
	M14X	6,94%	6,94%	0,18%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,84%	3,84%	0,04%	0,00%	0,70%
	M14Y	3,12%	3,12%	0,25%	1,62%	1,27%
	M11Y	4,16%	4,16%	1,01%	0,00%	0,04%
	M16Y	7,01%	7,02%	0,32%		0,00%
2	M1X	3,00%	3,01%	0,71%	1,04%	1,59%
	M6X	5,55%	5,55%	0,11%	0,80%	0,40%
	M7X	3,66%	3,67%	0,03%	0,00%	0,22%
	M14X	6,82%	6,82%	0,12%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,29%	3,29%	0,02%	0,00%	0,43%
	M14Y	3,10%	3,10%	0,18%	1,33%	0,89%
	M11Y	4,18%	4,18%	0,53%	0,00%	0,00%
	M16Y	6,50%	6,50%	0,20%		0,00%
1	M1X	2,69%	2,66%	0,17%	0,82%	1,04%
	M6X	4,14%	4,14%	0,05%	0,47%	0,49%
	M7X	4,03%	4,03%	0,01%	0,00%	0,35%
	M14X	6,20%	6,20%	0,06%	0,00%	0,00%
	M1Y	2,75%	2,75%	0,01%	0,00%	0,00%
	M14Y	2,72%	2,72%	0,12%	0,73%	0,74%
	M11Y	4,46%	4,46%	0,05%	0,00%	0,00%
	M16Y	5,98%	5,98%	0,04%		0,00%
Máx.		9,51%	9,51%	6,39%	10,00%	9,30%

Tabla 25. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica [kPa].

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		S11	S22	S12	S13	S23	S11	S22	S12	S13	S23
15	M1X	-168,93	-680,81	-70,63	-2,75	8,04	-180,90	-729,18	-73,77	-3,04	8,63
	M6X	-315,29	-1261,08	-82,80	3,04	-21,48	-316,57	-1266,27	-86,03	3,14	-21,68
	M7X	-116,15	-464,70	-88,78	-0,69	4,02	-121,25	-484,91	-89,86	-0,69	4,22
	M14X	-35,41	-141,75	722,21	-0,10	-0,69	-38,75	-155,10	731,92	-0,10	-0,69
	M1Y	-56,11	-224,26	-125,67	-0,10	-1,67	-59,55	-238,28	-130,57	-0,10	-1,77
	M14Y	-519,83	-2079,33	67,69	-5,89	-32,86	-536,12	-2144,56	68,67	-6,08	-33,75
	M11Y	-127,24	-508,75	-106,14	-0,69	-6,67	-130,77	-522,87	-110,07	-0,69	-6,67
	M16Y	-40,61	-162,45	156,08	0,00	-0,78	-43,56	-174,32	163,53	0,00	-0,78
14	M1X	-214,25	-876,92	-39,04	-2,84	7,16	-229,26	-937,84	-40,02	-3,04	7,85
	M6X	-416,04	-1664,27	90,06	3,34	-23,25	-421,34	-1685,46	90,94	3,34	-23,45
	M7X	-191,39	-765,47	-84,66	-0,69	6,08	-201,01	-804,22	-85,05	-0,69	6,18
	M14X	-94,76	-378,96	1009,25	-0,20	-1,96	-102,61	-410,35	1018,28	-0,20	-1,96
	M1Y	-110,56	-442,33	-95,75	-0,10	-1,28	-118,41	-473,53	-99,38	-0,10	-1,28
	M14Y	-534,45	-2137,80	103,10	5,20	-30,61	-553,38	-2213,63	104,08	5,30	-31,49
	M11Y	-219,84	-879,17	-101,04	-0,59	-10,40	-228,08	-912,13	-104,28	-0,59	-10,40
	M16Y	-86,03	-344,23	311,86	0,00	-1,08	-93,78	-375,33	319,41	0,00	-1,08
13	M1X	-274,29	-1126,19	-71,61	-3,14	6,97	-294,01	-1206,34	-73,38	-3,34	7,55
	M6X	-515,71	-2062,85	148,13	3,73	-25,90	-525,91	-2103,66	148,92	3,83	-26,19
	M7X	-252,61	-1010,53	-135,28	-0,78	8,24	-266,83	-1067,43	-135,77	-0,78	8,34
	M14X	-155,00	-619,80	1326,12	-0,29	-3,43	-167,55	-670,12	1334,75	-0,29	-3,43
	M1Y	-152,35	-609,30	-157,45	-0,10	-1,28	-163,93	-655,60	-161,28	-0,10	-1,28
	M14Y	-586,93	-2347,93	130,37	5,40	-32,86	-610,28	-2441,12	131,45	5,59	-33,65
	M11Y	-319,90	-1279,52	-115,37	-0,59	-14,22	-332,76	-1331,12	-118,41	-0,59	-14,22
	M16Y	-133,02	-532,09	457,83	0,00	-1,47	-145,48	-582,03	465,09	0,00	-1,47
12	M1X	-336,58	-1384,29	-75,83	-3,24	6,97	-359,93	-1479,64	-77,11	-3,43	7,55
	M6X	-610,97	-2443,97	194,43	4,12	-28,55	-625,98	-2503,81	195,12	4,12	-28,74
	M7X	-340,80	-1363,39	-179,42	-0,88	10,20	-359,44	-1437,85	-179,82	-0,88	10,40
	M14X	-213,76	-854,84	1637,39	-0,39	-4,71	-230,83	-923,32	1645,63	-0,39	-4,71
	M1Y	-217,39	-869,56	-209,54	-0,10	-1,37	-233,28	-933,23	-213,07	-0,10	-1,37
	M14Y	-658,05	-2632,22	157,06	5,69	-34,83	-685,42	-2741,50	158,14	5,79	-35,61
	M11Y	-421,24	-1684,87	-130,77	-0,59	18,05	-438,61	-1754,62	-133,71	-0,59	-18,05
	M16Y	-178,64	-714,66	596,06	0,00	-1,86	-195,61	-782,54	602,92	0,00	-1,86
11	M1X	-403,09	-1660,64	176,97	-3,43	7,26	-430,17	-1771,20	179,03	-3,63	7,75
	M6X	-700,73	-2802,91	234,36	4,41	-30,80	-720,35	-2881,49	235,05	4,41	-31,00
	M7X	-435,86	-1743,24	-218,96	-1,08	12,07	-458,62	-1834,37	-219,35	-1,08	12,26
	M14X	-270,76	-1083,02	1928,25	-0,49	-5,98	-292,14	-1168,67	1936,00	-0,49	-5,98
	M1Y	-292,53	-1170,14	-253,00	-0,10	-1,47	-312,74	-1251,17	-256,34	-0,10	-1,57
	M14Y	-724,57	-2898,46	179,72	5,98	-36,69	-755,57	-3022,46	180,80	6,08	-37,38
	M11Y	-521,89	-2087,47	-143,32	-0,59	-21,58	-543,57	-2174,48	-145,97	-0,59	-21,58
	M16Y	-224,55	-898,11	720,25	0,00	-2,26	-245,84	-983,26	726,63	0,00	-2,26

Tabla 25. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica [kPa] (continuación).

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		S11	S22	S12	S13	S23	S11	S22	S12	S13	S23
10	M1X	-474,12	-1956,70	-95,75	-3,53	7,55	-504,43	-2080,70	-96,82	-3,73	8,04
	M6X	-784,21	-3136,94	269,38	4,61	-32,77	-808,25	-3232,98	269,97	4,61	-32,96
	M7X	-536,80	-2147,02	-254,18	-1,28	13,73	-563,39	-2253,65	-254,57	-1,28	13,93
	M14X	-326,18	-1304,93	2191,26	-0,49	-7,06	-351,69	-1406,75	2198,42	-0,49	-7,06
	M1Y	-395,74	-1582,75	-290,96	-0,10	-1,57	-419,87	-1679,47	-294,10	-0,10	-1,57
	M14Y	-781,56	-3126,35	199,44	6,28	-38,36	-815,90	-3263,49	200,42	6,38	-39,04
	M11Y	-620,78	-2483,11	-154,02	-0,69	-24,82	-646,58	-2586,31	-156,57	-0,69	-24,82
	M16Y	-280,86	-1123,44	831,79	0,00	-2,55	-306,17	-1224,68	837,77	0,00	-2,55
9	M1X	-581,73	-2413,75	-103,79	-3,63	7,75	-614,89	-2549,91	-104,77	-3,83	8,24
	M6X	-859,85	-3439,39	301,36	4,81	-34,24	-888,00	-3552,10	301,95	4,81	-34,43
	M7X	-642,65	-2570,61	-285,57	-1,37	15,21	-672,87	-2691,57	-285,86	-1,37	15,40
	M14X	-380,24	-1521,14	2421,50	-0,59	-8,04	-409,47	-1637,88	2427,98	-0,59	-8,04
	M1Y	-511,30	-2045,09	325,59	-0,10	-1,67	-539,06	-2156,24	-328,34	-0,10	-1,67
	M14Y	-828,06	-3312,25	215,92	6,57	-40,12	-865,24	-3460,97	216,90	6,67	-40,81
	M11Y	-717,11	-2868,44	-162,75	-0,69	-27,76	-746,64	-2986,75	-165,00	-0,69	-27,76
	M16Y	-340,51	-1361,92	931,26	0,00	-2,84	-369,44	-1477,97	936,66	0,00	-2,84
8	M1X	-702,69	-2925,73	-109,28	-3,83	8,04	-738,30	-3072,20	-110,17	-3,92	8,44
	M6X	-925,57	-3702,39	331,58	4,91	-35,02	-957,55	-3830,12	332,17	4,91	-35,22
	M7X	-752,53	-3009,90	-313,33	-1,47	16,48	-785,88	-3143,61	-313,72	-1,47	16,58
	M14X	-432,92	-1731,76	2611,81	-0,69	-8,93	-465,58	-1862,13	2617,60	-0,69	-8,93
	M1Y	-637,75	-2550,99	365,23	-0,10	-1,67	-668,85	-2675,29	365,42	-0,10	-1,77
	M14Y	-899,09	-3596,54	229,26	6,67	-41,30	-923,61	-3694,45	229,85	6,77	-41,89
	M11Y	-809,62	-3238,38	-169,22	-0,69	-30,12	-842,58	-3370,23	-171,28	-0,69	-30,12
	M16Y	-402,99	-1611,88	1018,57	0,00	-3,14	-435,37	-1741,37	1023,38	0,00	-3,14
7	M1X	-839,83	-3500,60	-117,43	-3,83	8,24	-877,01	-3655,60	-118,11	-3,92	8,53
	M6X	-977,57	-3910,36	368,17	-4,91	-35,22	-1012,88	-4051,73	368,66	-4,91	-35,32
	M7X	-866,12	-3464,30	-337,86	-1,47	17,56	-902,32	-3609,20	-338,15	-1,47	17,66
	M14X	-484,22	-1936,98	2752,69	-0,69	-9,71	-519,83	-2079,23	2757,69	-0,69	-9,71
	M1Y	-775,28	-3101,24	407,90	-0,10	-1,77	-809,33	-3237,20	408,00	-0,10	-1,77
	M14Y	-1028,68	-4114,71	243,39	-6,67	-41,89	-1057,03	-4228,01	243,78	-6,77	-42,38
	M11Y	-896,24	-3584,97	-176,48	-0,69	-31,98	-932,24	-3728,88	-178,25	-0,69	-31,98
	M16Y	-468,04	-1872,14	1093,91	0,00	-3,34	-503,35	-2013,60	1098,03	0,00	-3,34
6	M1X	-981,10	-4073,99	-115,66	-3,83	7,95	-1019,95	-4235,08	-116,84	4,02	8,24
	M6X	-996,21	-3984,82	398,87	-4,81	-33,35	-1034,46	-4137,86	399,37	-4,81	-33,45
	M7X	-957,46	-3829,73	-341,88	-1,47	17,46	-995,91	-3983,84	-342,07	-1,47	17,56
	M14X	-530,72	-2122,98	2805,37	-0,69	-10,10	-568,88	-2275,43	2809,58	-0,69	-10,10
	M1Y	-926,65	-3706,51	440,57	-0,10	-1,67	-963,05	-3852,29	440,76	-0,10	-1,67
	M14Y	-1156,30	-4625,32	-285,96	-6,57	-37,96	-1188,48	-4754,02	-286,55	-6,67	-38,36
	M11Y	-957,75	-3831,20	-195,61	-0,59	-31,98	-996,40	-3985,51	-197,08	-0,59	-32,08
	M16Y	-534,45	-2137,99	1133,25	0,00	-3,53	-572,41	-2289,46	1136,68	0,00	-3,53

Tabla 25. Comparación de esfuerzos en algunos de los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; sin y bajo la acción de la carga vertical sísmica [kPa] (continuación).

PISO	W	SIN CARGA VERTICAL SÍSMICA					CON CARGA VERTICAL SÍSMICA				
		S11	S22	S12	S13	S23	S11	S22	S12	S13	S23
5	M1X	-925,97	-3858,76	-96,24	-5,89	11,48	-959,22	-3996,69	-97,12	6,08	11,87
	M6X	-954,22	-3816,97	273,70	-6,67	-45,22	-986,49	-3946,07	273,99	-6,67	-45,32
	M7X	-924,79	-3699,25	-317,65	-2,16	23,84	-957,55	-3830,12	-317,75	-2,16	23,84
	M14X	-509,83	-2039,20	2636,73	-1,08	-14,72	-542,10	-2168,30	2639,97	-1,08	-14,72
	M1Y	-869,46	-3477,94	361,89	-0,10	-2,35	-900,36	-3601,64	362,09	-0,10	-2,45
	M14Y	-1089,99	-4360,15	-216,60	-8,04	-45,91	-1117,46	-4469,73	-217,10	-8,14	-46,30
	M11Y	-967,27	-3868,87	-116,84	-0,69	-45,71	-999,93	-3999,73	-117,92	-0,69	-45,71
	M16Y	-485,89	-1943,66	1045,75	0,00	-4,32	-518,07	-2072,07	1048,49	0,00	-4,32
4	M1X	-1066,15	-4443,15	-98,59	5,98	11,18	-1100,00	-4583,92	-98,69	6,08	11,48
	M6X	-949,61	-3798,63	315,20	-5,79	-40,71	-984,04	-3936,07	315,49	-5,79	-40,81
	M7X	-1023,87	-4095,48	-318,53	-1,96	22,76	-1057,91	-4231,84	-318,63	-1,96	22,86
	M14X	-551,03	-2204,31	2581,50	-1,08	-14,91	-584,97	-2339,88	2584,05	-1,08	-14,91
	M1Y	-1001,70	-4006,70	406,72	0,20	-2,16	-1034,17	-4136,68	406,82	0,20	-2,26
	M14Y	-1144,04	-4576,17	-224,45	-6,38	-39,53	-1174,45	-4697,71	-224,75	-6,38	-39,73
	M11Y	-1011,21	-4044,86	-129,49	-0,49	-44,05	-1045,45	-4181,90	-130,28	-0,49	-44,15
	M16Y	-548,28	-2193,32	1059,19	0,00	-4,41	-582,03	-2328,11	1061,34	0,00	-4,41
3	M1X	-1214,38	-5064,02	-105,65	-6,28	11,58	-1248,62	-5206,36	-105,65	-6,38	11,77
	M6X	-934,89	-3739,47	-359,05	-5,40	-36,40	-970,70	-3882,60	-359,44	-5,49	-36,49
	M7X	-1118,83	-4475,32	-366,80	-1,37	22,17	-1153,95	-4615,90	-366,89	-1,37	22,27
	M14X	-595,37	-2381,57	2479,67	-1,08	-15,01	-630,68	-2522,94	2481,54	-1,08	-15,01
	M1Y	-1154,05	-4616,19	457,93	-0,20	-2,06	-1187,70	-4750,98	458,03	-0,20	-2,06
	M14Y	-1241,06	-4964,15	-232,60	-5,79	-35,51	-1273,44	-5093,55	-232,79	-5,89	-35,71
	M11Y	-1048,20	-4192,60	-123,61	-0,39	-42,48	-1083,61	-4334,25	-124,19	-0,39	-42,48
	M16Y	-608,42	-2433,66	1049,96	0,00	-4,41	-643,34	-2573,26	1051,44	0,00	-4,41
2	M1X	-1431,57	-5960,95	-134,00	6,47	-13,73	-1465,71	-6103,49	-134,50	6,47	-13,73
	M6X	-875,15	-3500,70	-507,57	-4,51	-31,20	-912,23	-3648,83	-507,77	-4,51	-31,20
	M7X	-1223,99	-4895,88	-511,79	-0,59	22,56	-1259,70	-5039,00	-511,89	-0,59	22,56
	M14X	-648,15	-2592,59	2252,18	-1,08	-14,32	-684,25	-2737,09	2253,26	-1,08	-14,32
	M1Y	-1327,19	-5308,68	528,17	-0,69	-3,83	-1361,73	-5446,81	528,27	-0,69	-3,83
	M14Y	-1339,16	-5356,46	-256,83	-4,71	-30,90	-1373,11	-5492,52	-257,02	-4,81	-31,00
	M11Y	-1067,03	-4268,23	-145,87	-0,29	-39,14	-1103,23	-4412,93	-146,17	-0,29	-39,14
	M16Y	-663,16	-2652,53	1024,26	0,00	-3,43	-698,86	-2795,46	1025,24	0,00	-3,43
1	M1X	-1568,32	-6317,74	-339,92	5,98	5,79	-1603,25	-6456,45	-340,41	5,98	5,89
	M6X	-1066,74	-4266,96	-673,95	-3,83	-7,06	-1104,61	-4418,23	-674,14	-3,83	-7,06
	M7X	-1100,88	-4403,41	-667,96	-0,59	4,61	-1136,88	-4547,43	-667,96	-0,59	4,61
	M14X	-707,10	-2828,52	1310,81	-0,88	-2,16	-743,60	-2974,59	1311,11	-0,88	-2,16
	M1Y	-1544,49	-6177,95	584,87	-0,69	-3,04	-1579,41	-6317,64	584,97	-0,69	-3,04
	M14Y	-1565,19	-6260,94	-455,77	-3,43	-7,06	-1600,60	-6402,50	-455,97	-3,43	-7,06
	M11Y	-926,85	-3707,49	-390,73	-0,10	-7,16	-963,44	-3853,86	-390,83	-0,10	-7,16
	M16Y	-717,70	-2870,80	750,27	0,00	-1,77	-753,80	-3015,20	750,37	0,00	-1,77

Tabla 26. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica.

		% INCREMENTO DE ESFUERZOS				
PISO	W	S11	S22	S12	S13	S23
15	M1X	7,08%	7,10%	4,44%	10,71%	7,32%
	M6X	0,40%	0,41%	3,91%	3,23%	0,91%
	M7X	4,39%	4,35%	1,22%	0,00%	4,88%
	M14X	9,42%	9,41%	1,34%	0,00%	0,00%
	M1Y	6,12%	6,26%	3,90%	0,00%	5,88%
	M14Y	3,13%	3,14%	1,45%	3,33%	2,69%
	M11Y	2,78%	2,78%	3,70%	0,00%	0,00%
	M16Y	7,25%	7,31%	4,78%		0,00%
14	M1X	7,01%	6,95%	2,51%	6,90%	9,59%
	M6X	1,27%	1,27%	0,98%	0,00%	0,84%
	M7X	5,02%	5,06%	0,46%	0,00%	1,61%
	M14X	8,28%	8,28%	0,89%	0,00%	0,00%
	M1Y	7,10%	7,05%	3,79%	0,00%	0,00%
	M14Y	3,54%	3,55%	0,95%	1,89%	2,88%
	M11Y	3,75%	3,75%	3,20%	0,00%	0,00%
	M16Y	9,01%	9,03%	2,42%		0,00%
13	M1X	7,19%	7,12%	2,47%	6,25%	8,45%
	M6X	1,98%	1,98%	0,53%	2,63%	1,14%
	M7X	5,63%	5,63%	0,36%	0,00%	1,19%
	M14X	8,10%	8,12%	0,65%	0,00%	0,00%
	M1Y	7,60%	7,60%	2,43%	0,00%	0,00%
	M14Y	3,98%	3,97%	0,83%	3,64%	2,39%
	M11Y	4,02%	4,03%	2,64%	0,00%	0,00%
	M16Y	9,37%	9,38%	1,59%		0,00%
12	M1X	6,94%	6,89%	1,68%	6,06%	8,45%
	M6X	2,46%	2,45%	0,35%	0,00%	0,69%
	M7X	5,47%	5,46%	0,22%	0,00%	1,92%
	M14X	7,99%	8,01%	0,50%	0,00%	0,00%
	M1Y	7,31%	7,32%	1,69%	0,00%	0,00%
	M14Y	4,16%	4,15%	0,69%	1,72%	2,25%
	M11Y	4,12%	4,14%	2,25%	0,00%	0,00%
	M16Y	9,50%	9,50%	1,15%		0,00%
11	M1X	6,72%	6,66%	1,16%	5,71%	6,76%
	M6X	2,80%	2,80%	0,29%	0,00%	0,64%
	M7X	5,22%	5,23%	0,18%	0,00%	1,63%
	M14X	7,90%	7,91%	0,40%	0,00%	0,00%
	M1Y	6,91%	6,92%	1,32%	0,00%	6,67%
	M14Y	4,28%	4,28%	0,60%	1,64%	1,87%
	M11Y	4,15%	4,17%	1,85%	0,00%	0,00%
	M16Y	9,48%	9,48%	0,89%		0,00%

Tabla 26. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

		% INCREMENTO DE ESFUERZOS				
PISO	W	S11	S22	S12	S13	S23
10	M1X	6,39%	6,34%	1,13%	5,56%	6,49%
	M6X	3,06%	3,06%	0,22%	0,00%	0,60%
	M7X	4,95%	4,97%	0,15%	0,00%	1,43%
	M14X	7,82%	7,80%	0,33%	0,00%	0,00%
	M1Y	6,10%	6,11%	1,08%	0,00%	0,00%
	M14Y	4,39%	4,39%	0,49%	1,56%	1,79%
	M11Y	4,16%	4,16%	1,66%	0,00%	0,00%
	M16Y	9,01%	9,01%	0,72%		0,00%
9	M1X	5,70%	5,64%	0,95%	5,41%	6,33%
	M6X	3,27%	3,28%	0,20%	0,00%	0,57%
	M7X	4,70%	4,71%	0,10%	0,00%	1,29%
	M14X	7,69%	7,67%	0,27%	0,00%	0,00%
	M1Y	5,43%	5,43%	0,84%	0,00%	0,00%
	M14Y	4,49%	4,49%	0,45%	1,49%	1,71%
	M11Y	4,12%	4,12%	1,39%	0,00%	0,00%
	M16Y	8,50%	8,52%	0,58%		0,00%
8	M1X	5,07%	5,01%	0,81%	2,56%	4,88%
	M6X	3,46%	3,45%	0,18%	0,00%	0,56%
	M7X	4,43%	4,44%	0,13%	0,00%	0,60%
	M14X	7,55%	7,53%	0,22%	0,00%	0,00%
	M1Y	4,88%	4,87%	0,05%	0,00%	5,88%
	M14Y	2,73%	2,72%	0,26%	1,47%	1,43%
	M11Y	4,07%	4,07%	1,22%	0,00%	0,00%
	M16Y	8,03%	8,03%	0,47%		0,00%
7	M1X	4,43%	4,43%	0,58%	2,56%	3,57%
	M6X	3,61%	3,62%	0,13%	0,00%	0,28%
	M7X	4,18%	4,18%	0,09%	0,00%	0,56%
	M14X	7,35%	7,34%	0,18%	0,00%	0,00%
	M1Y	4,39%	4,38%	0,02%	0,00%	0,00%
	M14Y	2,76%	2,75%	0,16%	1,47%	1,17%
	M11Y	4,02%	4,01%	1,00%	0,00%	0,00%
	M16Y	7,55%	7,56%	0,38%		0,00%
6	M1X	3,96%	3,95%	1,02%	5,13%	3,70%
	M6X	3,84%	3,84%	0,12%	0,00%	0,29%
	M7X	4,02%	4,02%	0,06%	0,00%	0,56%
	M14X	7,19%	7,18%	0,15%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,93%	3,93%	0,04%	0,00%	0,00%
	M14Y	2,78%	2,78%	0,21%	1,49%	1,03%
	M11Y	4,04%	4,03%	0,75%	0,00%	0,31%
	M16Y	7,10%	7,08%	0,30%		0,00%

Tabla 26. Incremento de esfuerzos en los muros seleccionados del edificio de 15 pisos; bajo la acción de la carga vertical sísmica (continuación).

		% INCREMENTO DE ESFUERZOS				
PISO	W	S11	S22	S12	S13	S23
5	M1X	3,59%	3,57%	0,92%	3,33%	3,42%
	M6X	3,38%	3,38%	0,11%	0,00%	0,22%
	M7X	3,54%	3,54%	0,03%	0,00%	0,00%
	M14X	6,33%	6,33%	0,12%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,55%	3,56%	0,05%	0,00%	4,17%
	M14Y	2,52%	2,51%	0,23%	1,22%	0,85%
	M11Y	3,38%	3,38%	0,92%	0,00%	0,00%
	M16Y	6,62%	6,61%	0,26%		0,00%
4	M1X	3,17%	3,17%	0,10%	1,64%	2,63%
	M6X	3,63%	3,62%	0,09%	0,00%	0,24%
	M7X	3,32%	3,33%	0,03%	0,00%	0,43%
	M14X	6,16%	6,15%	0,10%	0,00%	0,00%
	M1Y	3,24%	3,24%	0,02%	0,00%	4,55%
	M14Y	2,66%	2,66%	0,13%	0,00%	0,50%
	M11Y	3,39%	3,39%	0,61%	0,00%	0,22%
	M16Y	6,15%	6,15%	0,20%		0,00%
3	M1X	2,82%	2,81%	0,00%	1,56%	1,69%
	M6X	3,83%	3,83%	0,11%	1,82%	0,27%
	M7X	3,14%	3,14%	0,03%	0,00%	0,44%
	M14X	5,93%	5,94%	0,08%	0,00%	0,00%
	M1Y	2,92%	2,92%	0,02%	0,00%	0,00%
	M14Y	2,61%	2,61%	0,08%	1,69%	0,55%
	M11Y	3,38%	3,38%	0,48%	0,00%	0,00%
	M16Y	5,74%	5,74%	0,14%		0,00%
2	M1X	2,38%	2,39%	0,37%	0,00%	0,00%
	M6X	4,24%	4,23%	0,04%	0,00%	0,00%
	M7X	2,92%	2,92%	0,02%	0,00%	0,00%
	M14X	5,57%	5,57%	0,05%	0,00%	0,00%
	M1Y	2,60%	2,60%	0,02%	0,00%	0,00%
	M14Y	2,53%	2,54%	0,08%	2,08%	0,32%
	M11Y	3,39%	3,39%	0,20%	0,00%	0,00%
	M16Y	5,38%	5,39%	0,10%		0,00%
1	M1X	2,23%	2,20%	0,14%	0,00%	1,69%
	M6X	3,55%	3,55%	0,03%	0,00%	0,00%
	M7X	3,27%	3,27%	0,00%	0,00%	0,00%
	M14X	5,16%	5,16%	0,02%	0,00%	0,00%
	M1Y	2,26%	2,26%	0,02%	0,00%	0,00%
	M14Y	2,26%	2,26%	0,04%	0,00%	0,00%
	M11Y	3,95%	3,95%	0,03%	0,00%	0,00%
	M16Y	5,03%	5,03%	0,01%		0,00%
Máx.		9,50%	9,50%	4,78%	10,71%	9,59%

En términos generales, es clara la importancia de tener en cuenta el efecto del movimiento vertical del suelo para estimar la variación de la fuerza axial (como en el caso de columnas) correspondiente a las cargas de gravedad [12]. Este incremento se observa igualmente en los modelos implementados, mediante el sistema de mampostería estructural; cuya respuesta nos permite, con toda seguridad, reconocer la importancia de tener en cuenta la incidencia de la componente vertical sísmica.

Sin embargo no contamos con la información suficiente, de origen investigativo, que nos permita hacer una modelación más cercana a la realidad. En primer lugar se debe procurar encontrar los factores de ductilidad y amortiguamiento de la mampostería estructural en el sentido de la gravedad; razón por la cual se considera que los datos arrojados sin esta información pueden discrepar de la respuesta real del sistema estructural objeto del presente estudio; pero lamentablemente no contamos con las herramientas necesarias para obtener esta información.

La componente vertical sísmica no incide en las derivas de piso, por la rigidez que aportan los muros y lógicamente tampoco en los desplazamientos horizontales.

Después de aplicar la carga vertical de sismo, la fuerza axial aplicada, en el sentido de la gravedad, muestra un aumento máximo cercano al 10% y 11%, en los cuatro modelos; sin embargo las fuerzas de cortante y momento no se ven mayormente afectadas, observándose un valor máximo del 1,61% de incremento del cortante V3 en el edificio de 5 niveles. De igual forma se incrementan los esfuerzos S22 y S11, a compresión y tensión respectivamente, los cuales son directamente afectados por la fuerza axial gravitacional; pero si presenta un incremento mayor el esfuerzo positivo (tensión) S22, aproximado a un 20%, para los valores mayores y con incrementos descomunales superiores al 100% hasta 44.200% para valores muy pequeños, pero que no son trascendentes para la

estabilidad de la estructura y pueden obedecer a la distorsión de esfuerzos en las zonas de borde; así por ejemplo el M1Y del nivel 4, presenta un incremento de 0,29 KPa a 130,47 KPa, correspondiente a un incremento del 44.233,00% (ver gráficos Anexo C).

Los esfuerzos S13 y S23 mantienen un 10% de incremento, una vez aplicada la componente vertical de sismo, exceptuando el edificio de 3 pisos, en el cual se aprecia un incremento del 25% del S13.

El S12 si presenta un claro porcentaje de incremento, inversamente proporcional al número de niveles de las estructuras analizadas; del 14%, 10%, 6.4% y 5% para las edificaciones de 3, 5, 10 y 15 pisos respectivamente.

3. CONCLUSIONES

La incidencia de la componente vertical sísmica, no solamente referido al caso de edificaciones de mampostería estructural, es un tema vasto pero escasamente analizado y sobre el cual se deben dirigir estudios investigativos encaminados a obtener los parámetros reales a tener en cuenta a la hora de realizar un diseño estructural sísmo resistente; como la ductilidad y el coeficiente de amortiguamiento y reducción de los diferentes sistemas estructurales, en el sentido de la gravedad; que por el hecho de actuar en la misma dirección de la fuerza gravitacional, estos factores van a presentar un comportamiento diferente al modelo típico de análisis sísmico horizontal.

Se concluye que no hay correlación entre la componente vertical sísmica y la horizontal **V/H**; por lo tanto es necesario concebir un espectro vertical de diseño, ajustado a las condiciones locales o efectos de sitio, donde **V** va a depender de la magnitud, distancia epicentral, profundidad, periodo de oscilación y tipo de suelo; así como también existe la posibilidad de recurrir a una familia de registros históricos de acelerogramas, horizontales y verticales, para el análisis dinámico estructural; pero reiteramos la importancia de partir de datos como la ductilidad, coeficiente de amortiguamiento y reducción para obtener el espectro inelástico vertical, los cuales deben provenir de estudios investigativos.

Siguiendo las recomendaciones de la NSR10, en cuando a la consideración de la componente vertical sísmica, se observa claramente su incidencia en la respuesta de las edificaciones en mampostería estructural, con un incremento de la fuerza axial vertical y los esfuerzos de sus elementos estructurales; lo cual implica la obligación de atender esa mayor demanda en su diseño. Además hay que recalcar que el valor de la correlación **V/H=2/3**, estipulado en la NSR10, es un criterio equivocado; ya que el valor de la componente vertical sísmica no depende del valor de la componente horizontal y en muchos de los registros analizados, **V** presenta un valor mayor al de **H**.

El hecho que la mayoría de normas y códigos, en materia de diseño sismo resistente, contemplen algunas directrices para considerar la componente vertical sísmica, es un claro indicio de la importancia que esta tiene en la respuesta de las estructuras; sin embargo ahora se requiere abordar el tema basados en estudios más concienzudos, que nos permitan optimizar los requerimientos actualmente establecidos.

Si bien es cierto que la probabilidad que **V** supere **H**, no se presenta en todos los casos, se ha demostrado que se muestra con regular frecuencia y al igual que esa incertidumbre de que un sismo se presente o no ha dado origen a la ingeniería sísmica, es una razón más que suficiente para enfocarnos en aprender más de la forma e incidencia de la componente vertical sísmica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL DISTRITO FEDERAL. Normas técnicas complementarias para diseño por sismo en México, 2004.
- [2]. AGUIAR F. Roberto. Dinámica de Estructuras con Matlab, 2006. [Ebook] Quito: Centro de Investigaciones Científicas CEINCI – Escuela Politécnica del Ejército ESPE.
- [3]. ARAKI Yoshikazu et al. Response of vibration-isolated object to ground motions with intense vertical accelerations, 2011. Rev Engineering Structures, vol 33, pp. 3610-3619. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.07.025.
- [4]. BACON M., SIMM R. and REDSHAW T. 3-D Seismic Interpretation, 2003. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-79203-7.
- [5]. CRC Press LLC. Bridge Engineering Seismic Design, 2003. Boca Raton, FL.: CRC Press. ISBN 0-8493-1683-9.
- [6]. CHOPRA Anil K. Dynamics of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering, 1995. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. ISBN 0-13-855214-2.
- [7]. CLOUGH Ray W. and PENZIEN Joseph. Dynamics of Structures, 2003. 3 ed. Berkeley: Computer & Structures.
- [8]. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, 2002.
- [9]. CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. Norma de construcción sismoresistente Española NCSR-2004.
- [10]. CORAL M. Hugo. Utilización de métodos experimentales y de simulación numérica para la microzonificación sísmica de áreas urbanizadas en Andorra, 2002. Tesis doctoral, Barcelona, Universidad de Cataluña.
- [11]. Department of the Army. Response Spectra and Seismic Analysis for Concrete Hydraulic Structures, 1999. [e-book] Washington: U.S. Army Corps of Engineers. EM 1110-2-6050.
- [12]. DI SARNO L., ELNASHAI A.S. and MANFREDI G. Assessment of RC columns subjected to horizontal and vertical ground motions recorded during the 2009 L'Aquila (Italy) earthquake, 2011. Rev Engineering Structures, vol 33, pp. 1514-1535. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.01.023.
- [13]. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS y RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS DE COLOMBIA RNAC. Boletines de movimientos fuertes, noviembre de 1993 a diciembre de 2009. Vol 1-15, ISSN 1692-1348.
- [14]. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1486, 2008. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y otros Trabajos de Investigación. 6 ed.
- [15]. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN INN-CHILE. Norma Chilena Oficial NCh433.of1996, modificada en 2009.

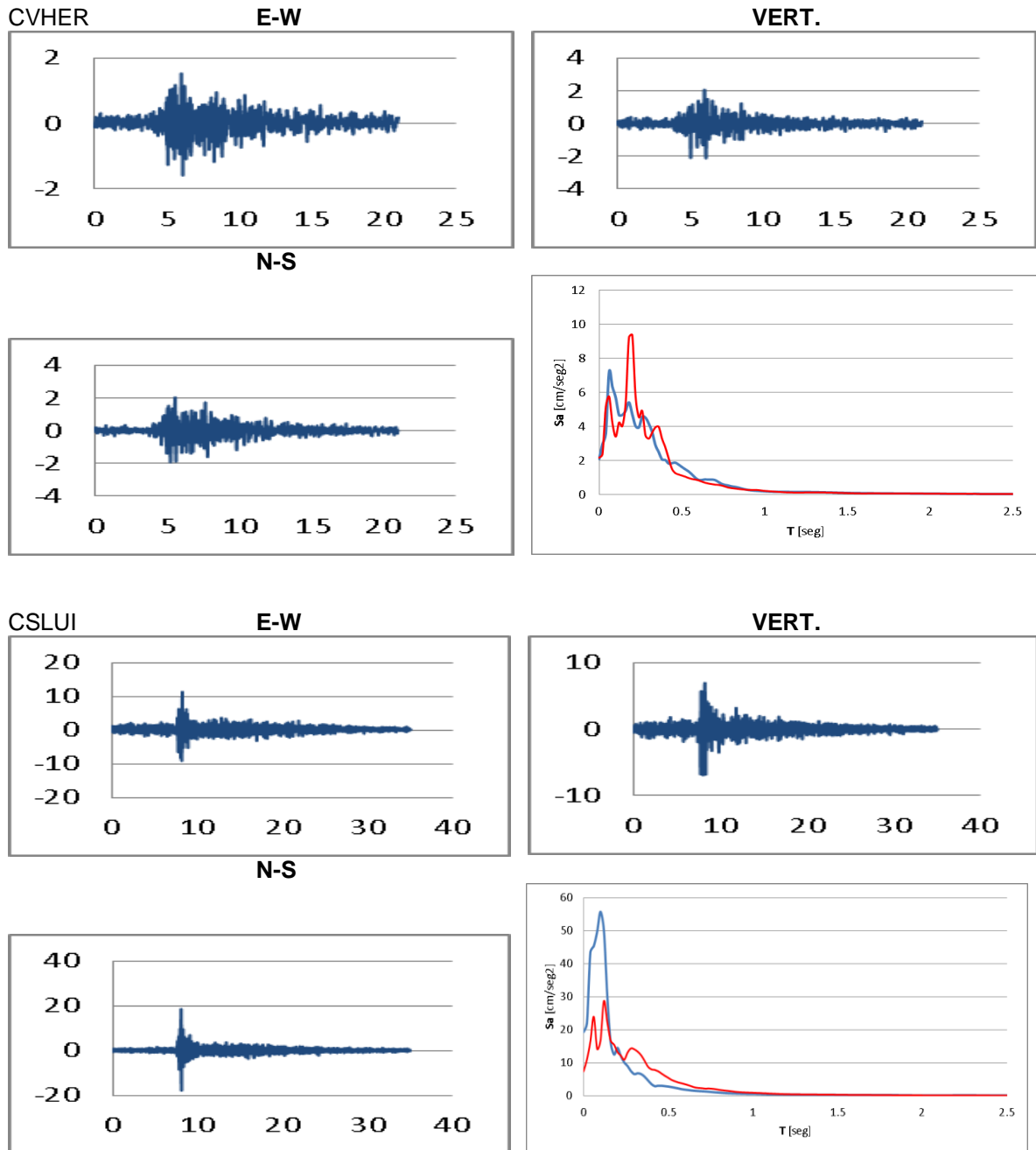
- [16]. KIM Hyun-Su, LEE Dong-Guen and KIM Chee Kyeong. Efficient three-dimensional seismic analysis of a high-rise building structure with shear walls, 2005. Rev Engineering Structures, vol 27, pp. 963-976. DOI: 10.1016/j.engstruct.2005.02.006.
- [17]. KIM Sung Jig, HOLUB Curtis J. and ELNASHAI Amr S. Analytical assessment of the effect of the vertical earthquake motion on RC bridge piers, 2011. Rev Engineering Structures ASCE, vol 137, n. 2, pp. 252-260. ISSN 0733-9445/2011/2-252-260.
- [18]. KIM Sung Jig, HOLUB Curtis J. and ELNASHAI Amr S. Experimental investigation of the behavior of RC bridge piers subjected to horizontal and vertical earthquake motion, 2011. Rev Engineering Structures, vol 33, pp. 2221-2235. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.03.013.
- [19]. KUNNATH Sashi K. et al. Development of guidelines for incorporation of vertical ground motions effects in seismic design of highway bridges, 2008. California: Technical report submitted to the California Department of Transportation under contract 59A044, University of California at Davis.
- [20]. M.D. Trifunac. Biot response spectrum, 2006. Rev Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol 26, pp. 491-500.
- [21]. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL y ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA AIS, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10, 2010.
- [22]. MOYA F. Aarón. Nuevo formato de datos para el laboratorio de ingeniería sísmica del instituto de investigaciones en ingeniería de la universidad de Costa Rica, 2006. Revista ingeniería, vol 16, pp. 63-74.
- [23]. NORMA TÉCNICA E.030. Diseño Sismo Resistente de Perú.
- [24]. PAULAY T., and PRIESTLEY M. J. N. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, 1992. New York: John Wiley and Sons, Inc. ISBN 0-471-54915-0.
- [25]. PAZ Mario. Dinámica Estructural Teoría y Cálculo, 1992. 3 ed. Barcelona: Editorial Reverte, S.A. ISBN 84-291-4854-X.
- [26]. PECKER A. Enhanced seismic design of shallow foundations: example of the Rion Antirion Bridge, 2006. 4th Athenian Lecture on Geotechnical Engineering. Athens 2005.
- [27]. PEREA Tiziano and ESTEVA Luis. Análisis of vertical ground motions of near source records in México, 2004. 13th World conference on earthquake engineering, Vancouver, B.C., Canada, paper No. 1852.
- [28]. PEREA Tiziano and ESTEVA Luis. Componente Vertical de Registros Sísmicos en México y su Efecto en la Respuesta No Lineal de Edificios, 2005. Revista de ingeniería sísmica, vol. 72, pp. 45-79.
- [29]. PRIESTLEY M. J. N., CALVI G.M. and KOWALSKY M.J. Displacement-based seismic design of structures, 2007. Italy: Fondazione EUCENTRE. ISBN 978-88-6198-000-6.

- [30]. ROSTAMI Sobhan and MOEINADINI Alí. Response spectrum of single degree of freedom system using Duhamel integral. Mewcivil.com, Iran, University of Kerman, Civil Eng. Dept.
- [31]. SHEIKH Neaz and LEGERON Frederic. Bridge support elastic reactions under vertical earthquake ground motion, 2009. Rev Engineering Structures, vol 31, pp. 2317-2326. DOI 10.1016/j.enggeo.2007.06.003.
- [32]. SHIMIZU Shigeru. Behaviour of steel columns under 3-D seismic load, 2011. Rev Thin-Walled Structures, vol 49, pp. 544-553. DOI 10.1016/j.tws.2010.09.016.
- [33]. Structural Engineers Association and International Code Council, 2006. Structural/Seismic Design Manual. Sacramento: SEAOC.
- [34]. VEGA G. Felipe. Efectos de amplificación del movimiento del terreno en los alrededores del campo geotérmico de Cerro Prieto, Baja California, 2010. Tesis, México, Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada CICESE.
- [35]. VILERA, Lucila; RIVERO, Pedro; LOBO, William. Efectos sísmicos de la componente vertical en edificios aporticados de acero, 2008. Rev Ciencia e Ingeniería [online], vol.9, n.1 [citado 2011-09-13], pp. 79-88. ISSN 1316-7081.
- [36]. YAMAZAKI Shinji, MINAMI Susumu, MIMURA Hiroaki and UDAGAWA Kuniaki. Effects of Vertical Ground Motions on Earthquake Response of Steel Frames.
- [37]. YANG J. and LEE C.M. Characteristics of vertical and horizontal ground motions recorded during the Niigata-ken Chuetsu, Japan earthquake of 23 October 2004, 2007. Rev Engineering Geology, vol 24, pp. 50-64. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.03.013.

ANEXO A

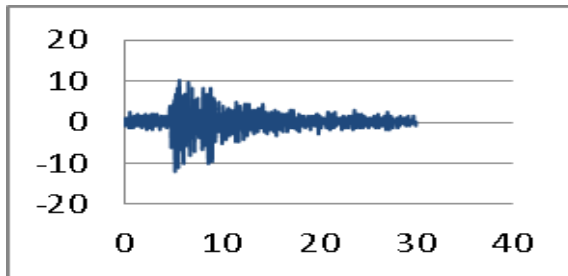
Gráficos de los registros sísmicos de aceleración del suelo [cm/seg²] vs Tiempo [seg] y espectros de respuesta de la componente horizontal mayor — y la componente vertical — S_a [cm/seg²] vs Periodo T [seg]

Sismo de Cimitarra del 8 de marzo de 1998.

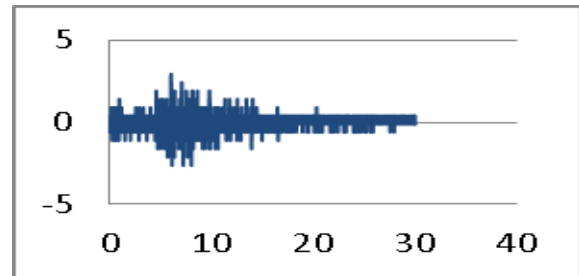


CPENS

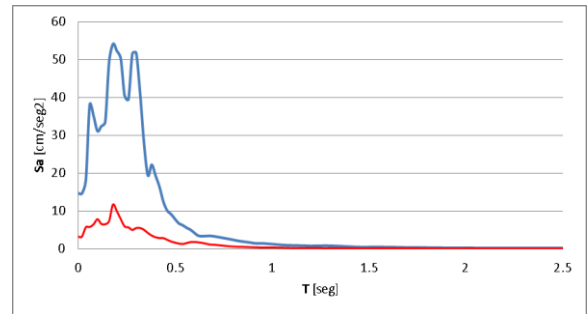
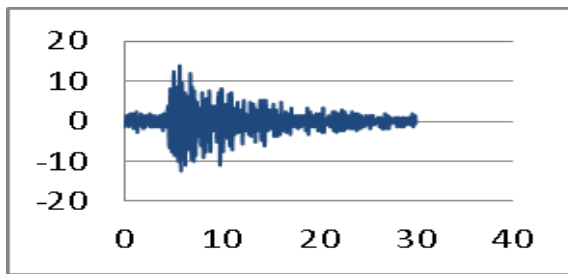
E-W



VERT.

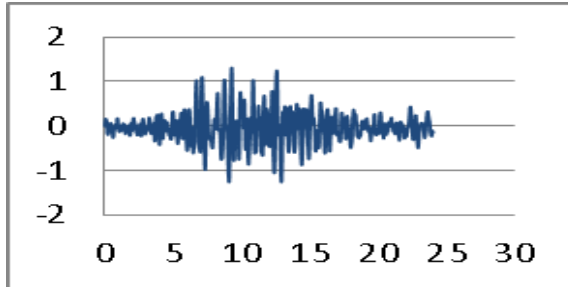


N-S

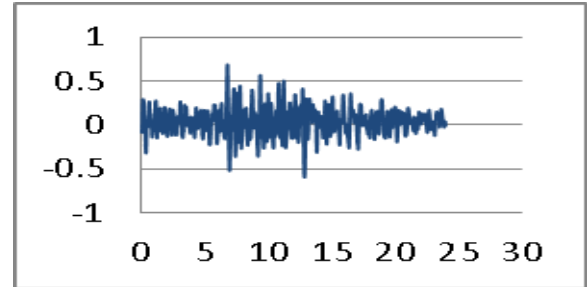


CCHIN

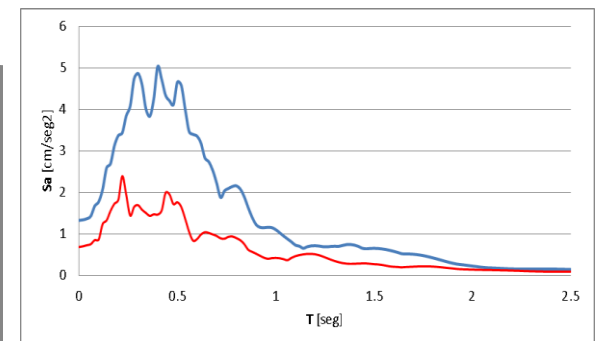
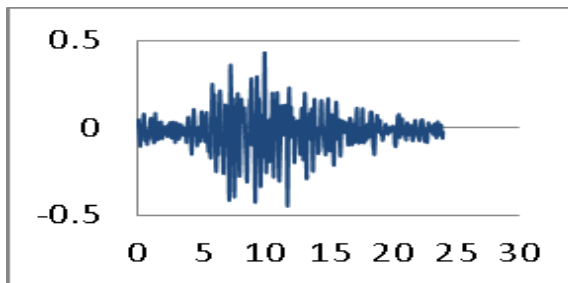
E-W



VERT.

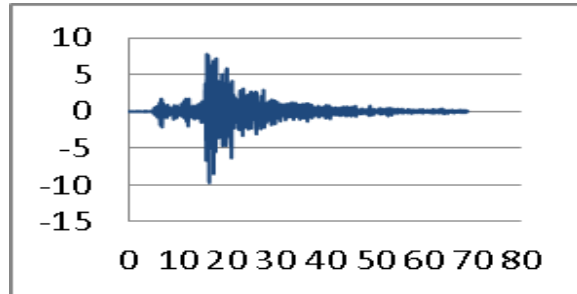


N-S

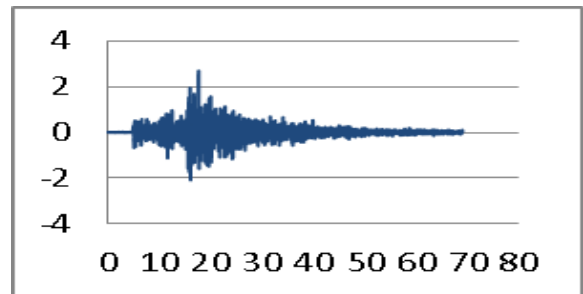


CFQNE

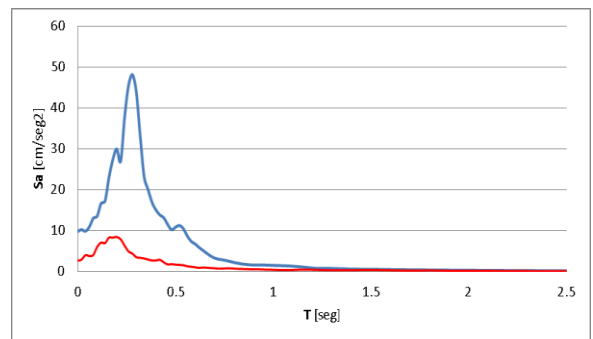
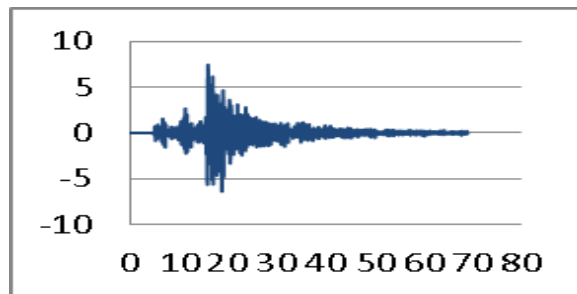
E-W



VERT.

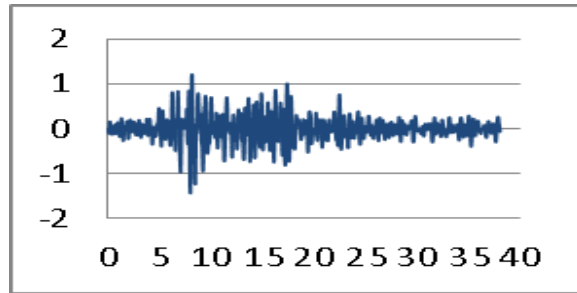


N-S

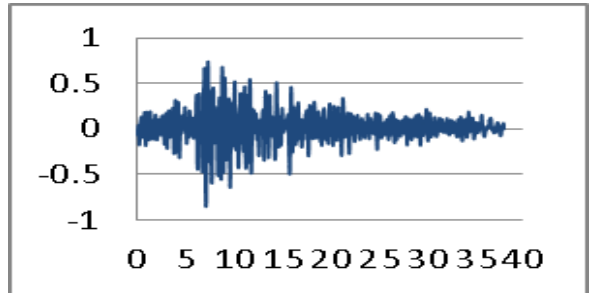


CROSA

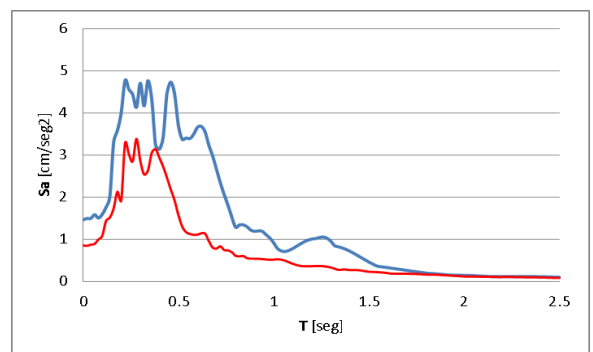
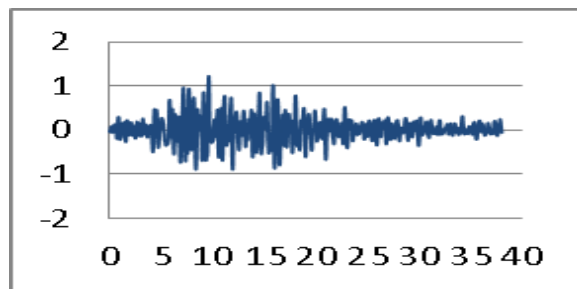
E-W



VERT.

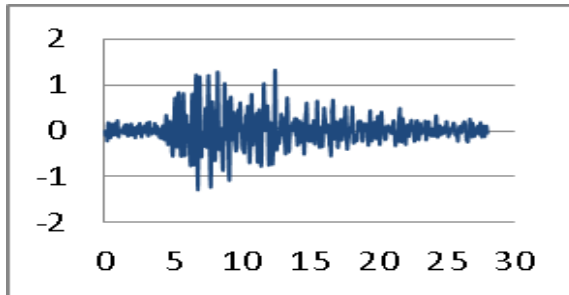


N-S

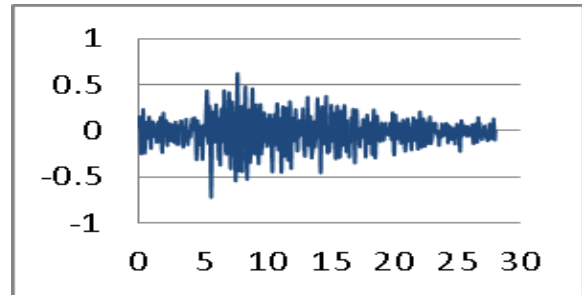


CVIL1

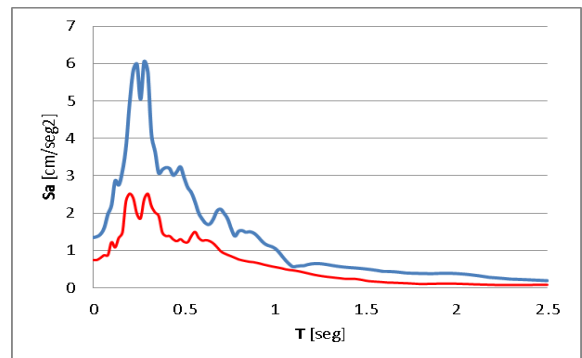
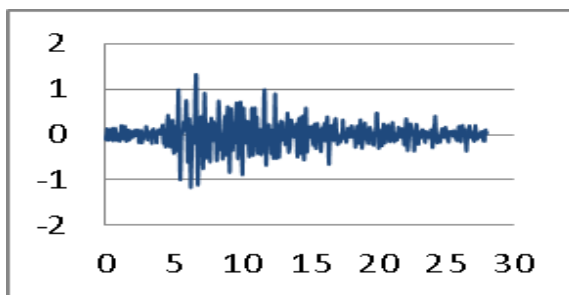
E-W



VERT.

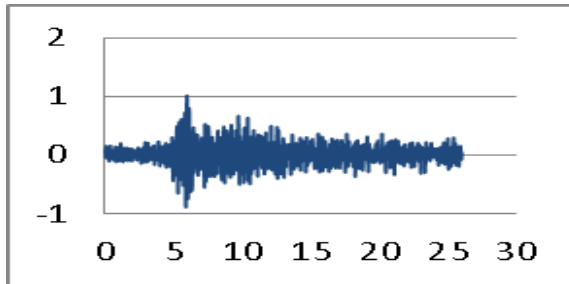


N-S

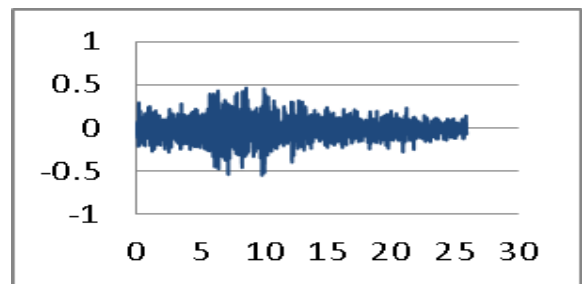


CBUC1

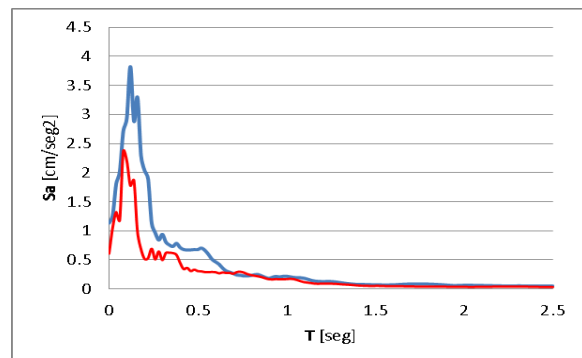
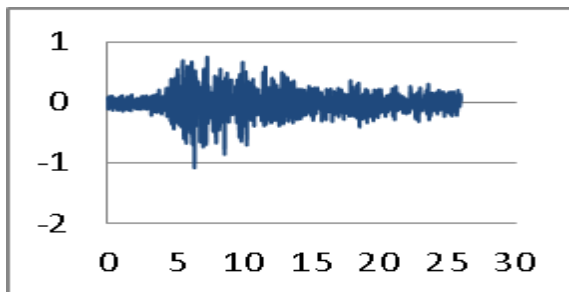
E-W



VERT.



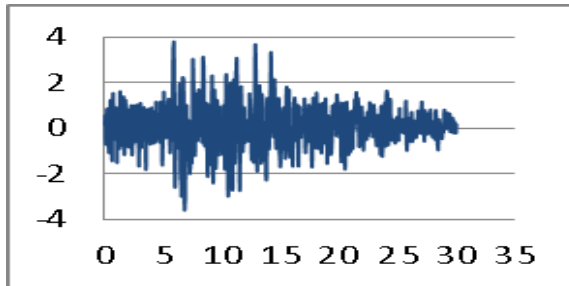
N-S



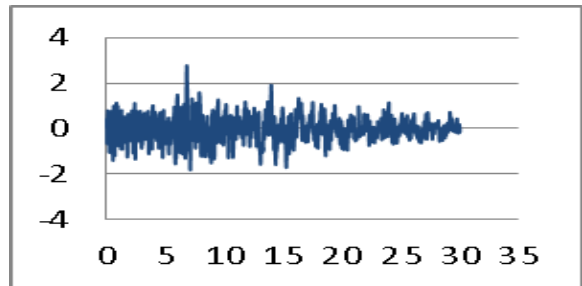
Sismo de Armenia del 25 de enero de 1999

CSONS

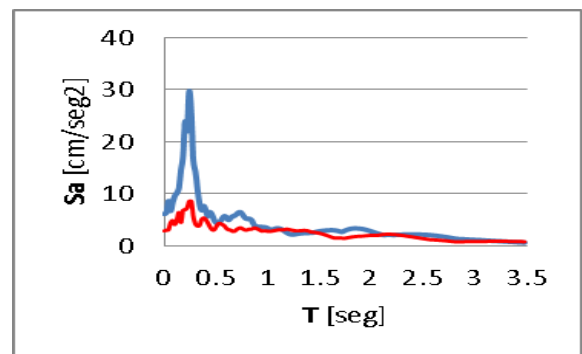
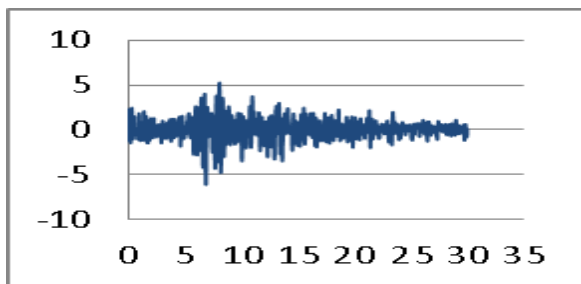
E-W



VERT.

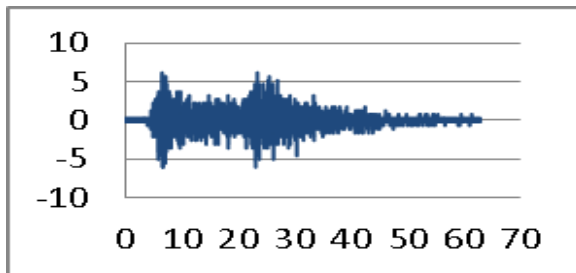


N-S

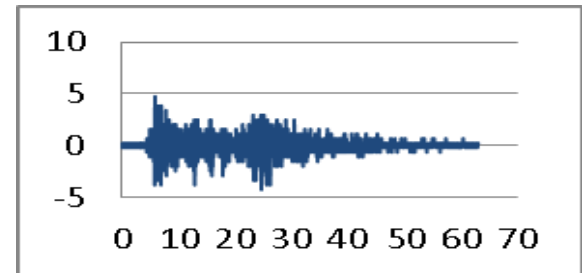


CANDE

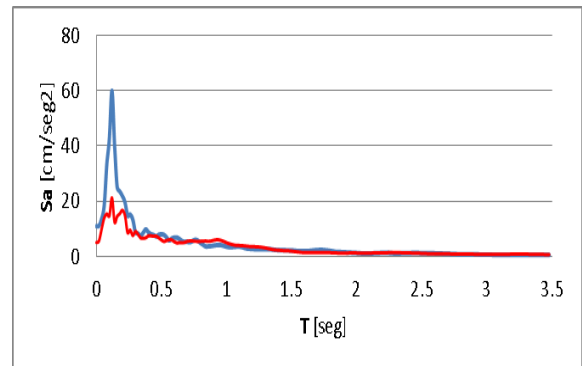
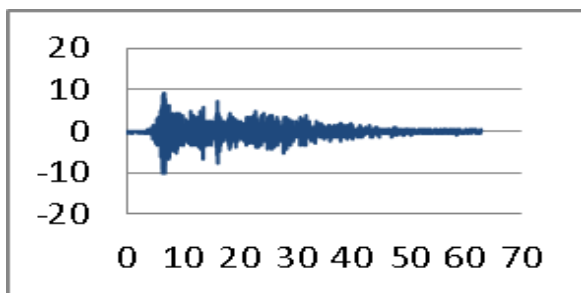
E-W

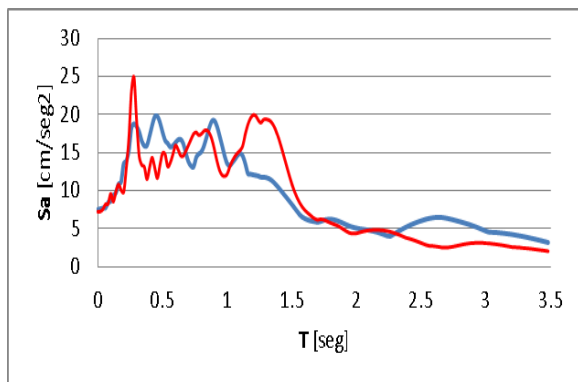
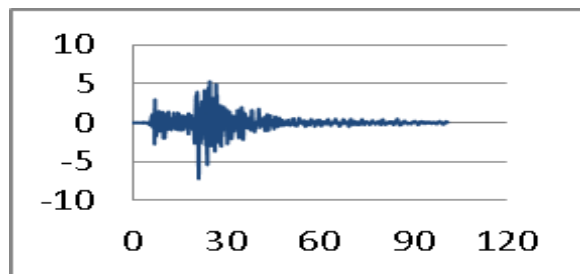
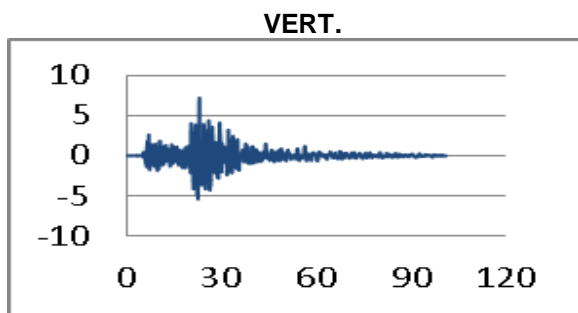
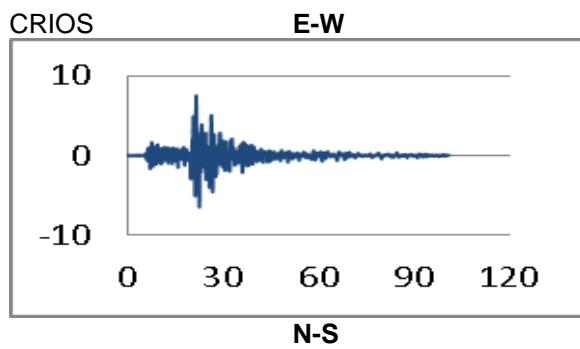
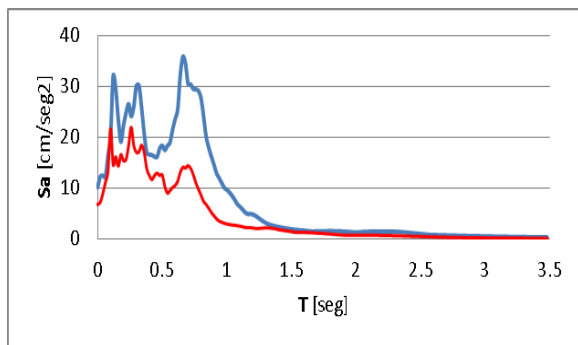
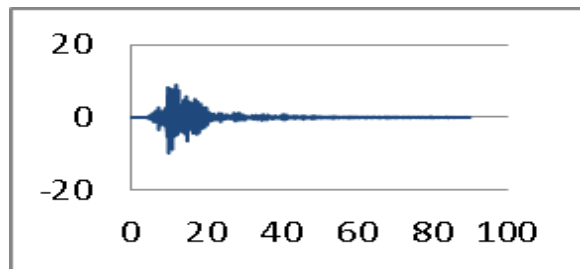
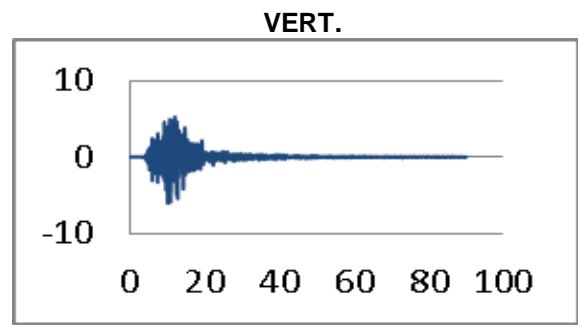
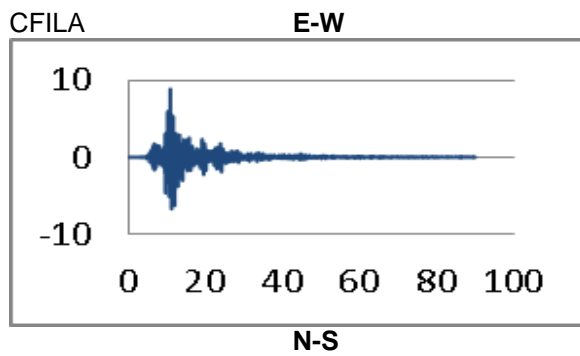


VERT.



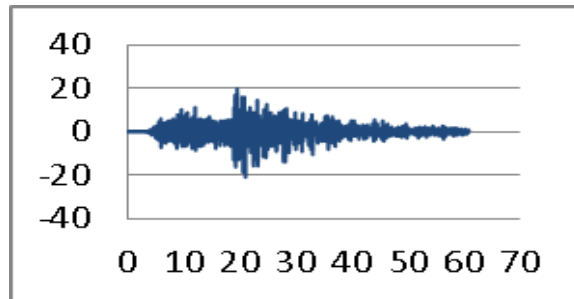
N-S



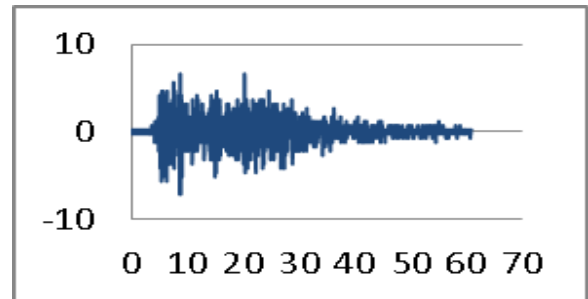


CPENS

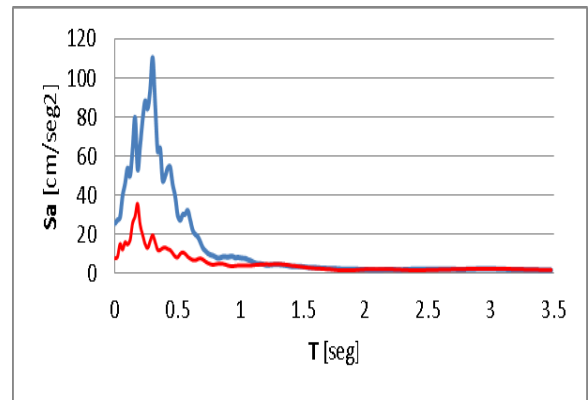
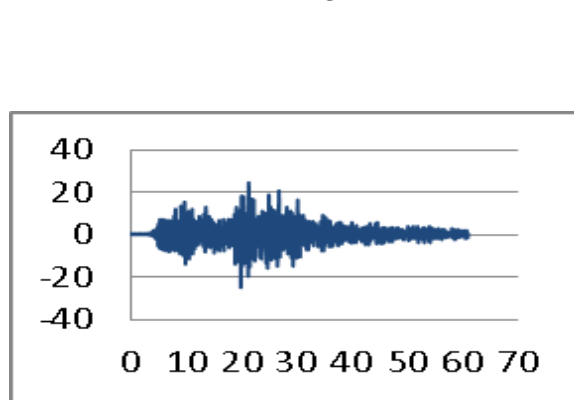
E-W



VERT.

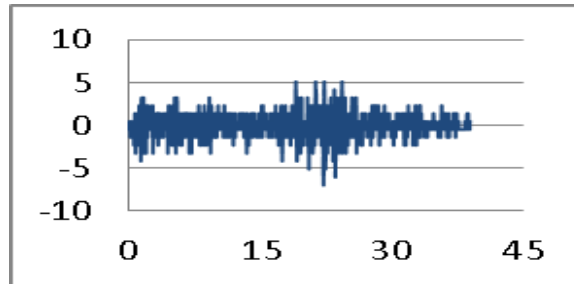


N-S

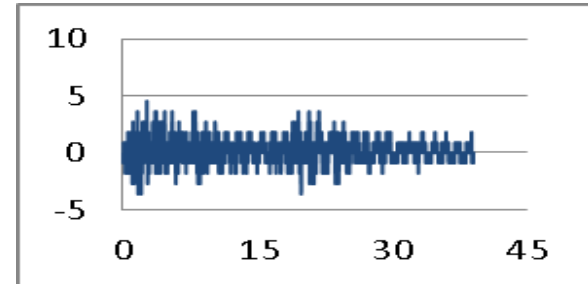


CNORC

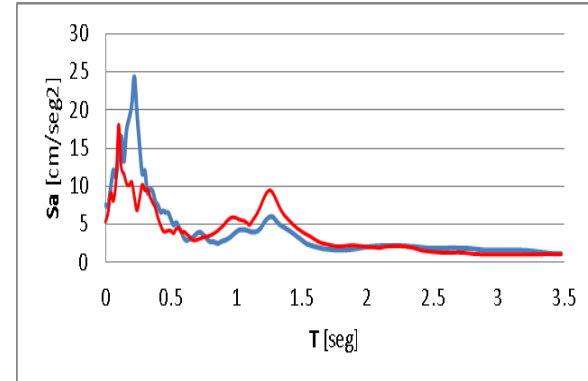
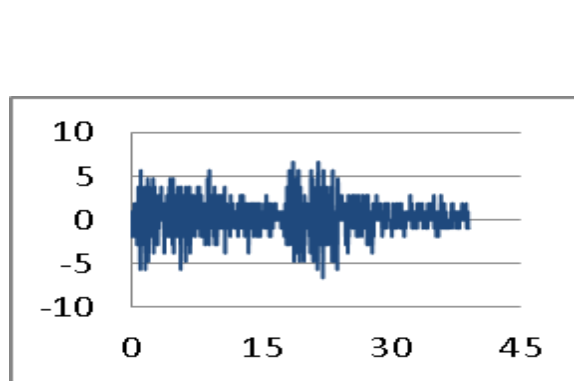
E-W



VERT.

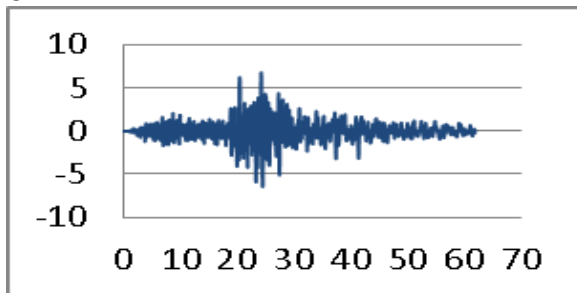


N-S

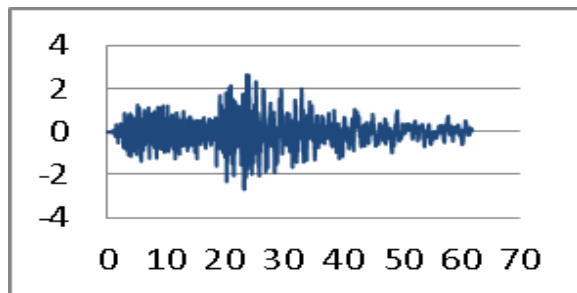


CARBE

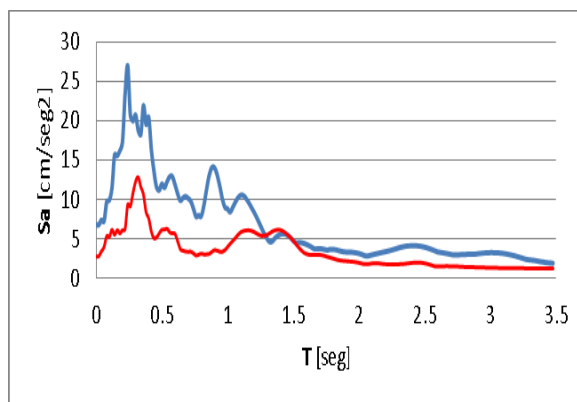
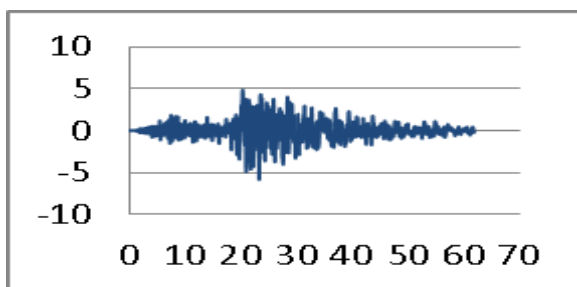
E-W



VERT.

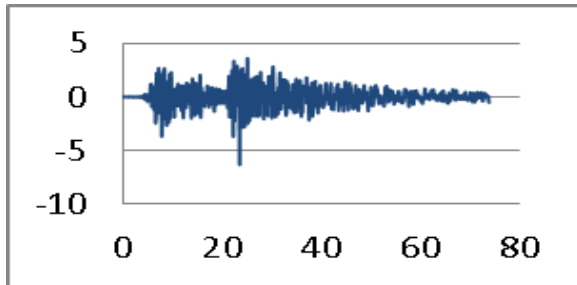


N-S

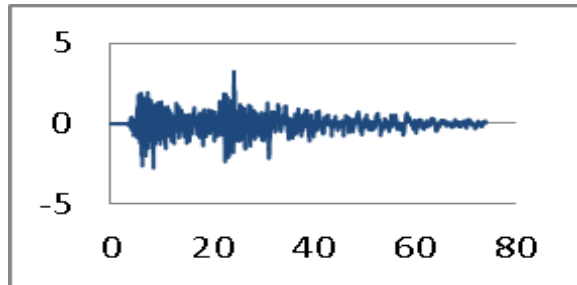


CGUAD

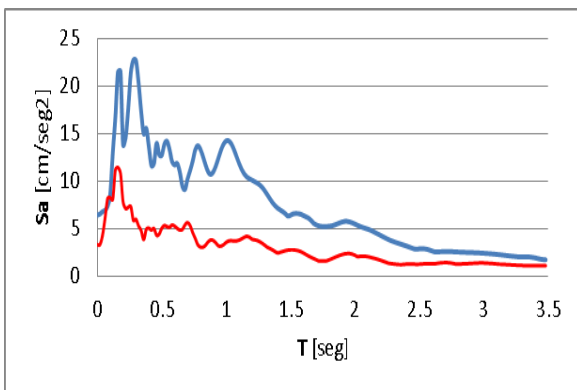
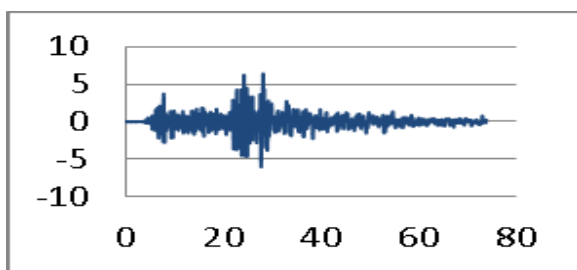
E-W



VERT.

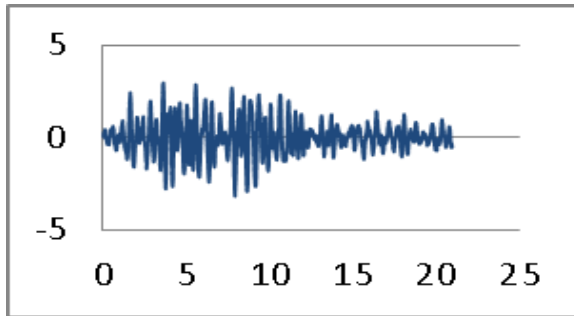


N-S

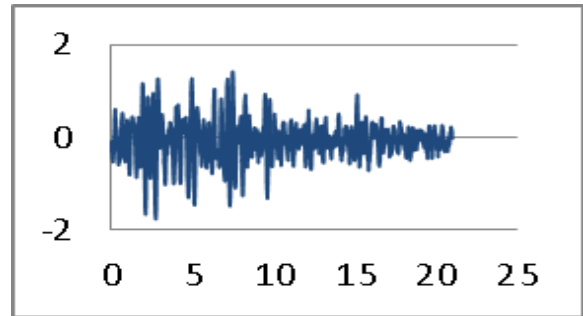


CROSA

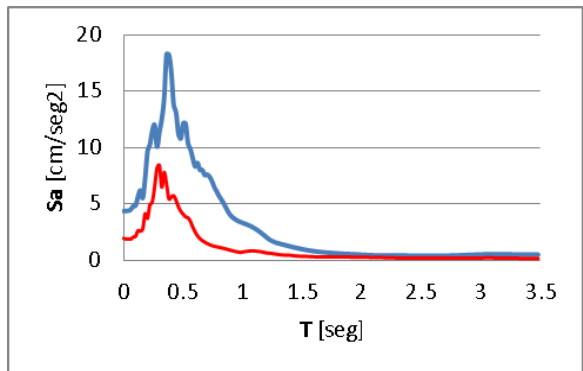
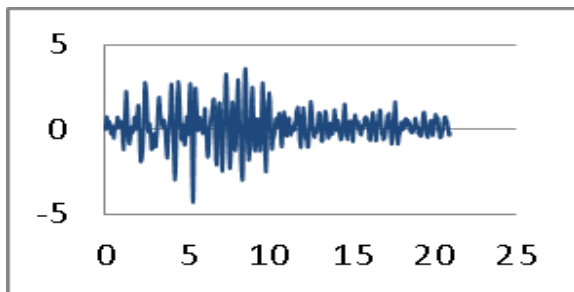
E-W



VERT.

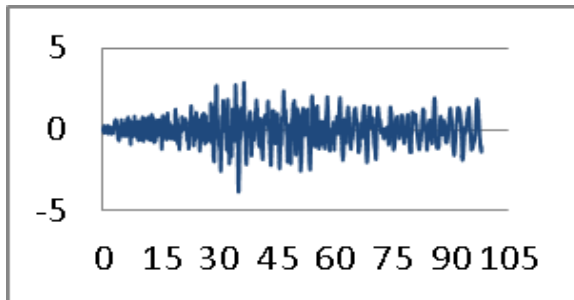


N-S

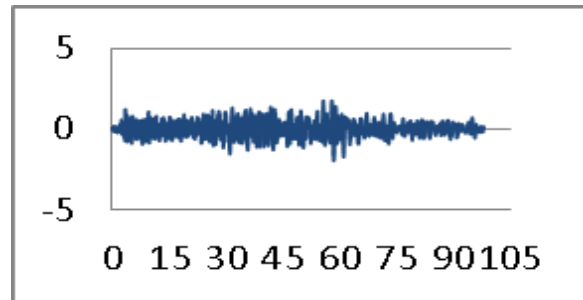


CBOG1

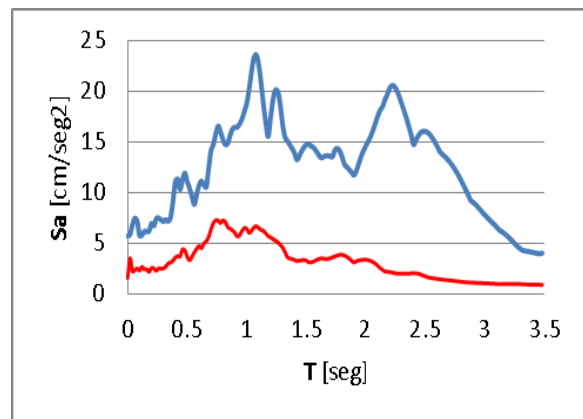
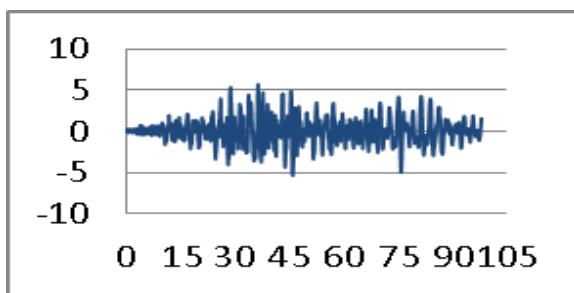
E-W

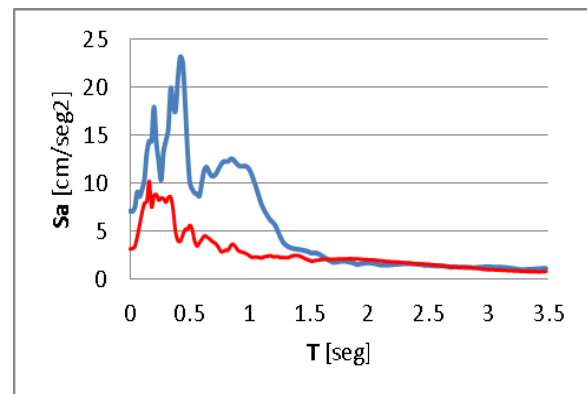
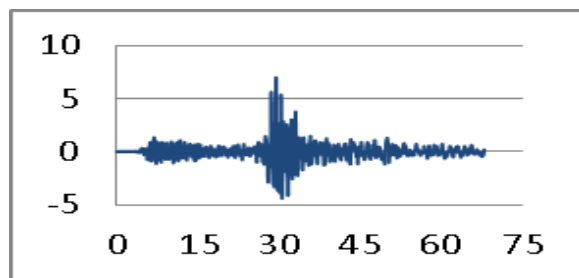
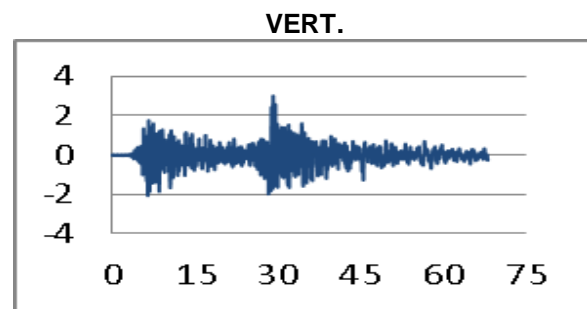
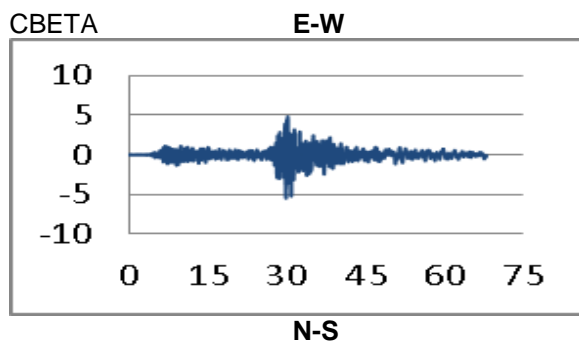
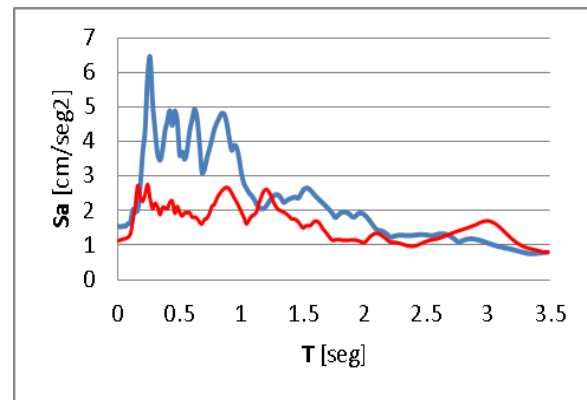
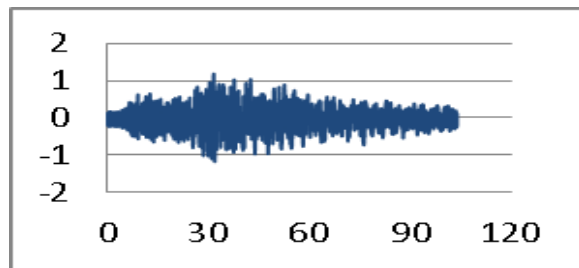
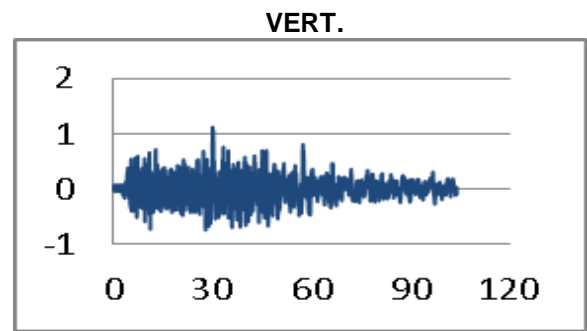
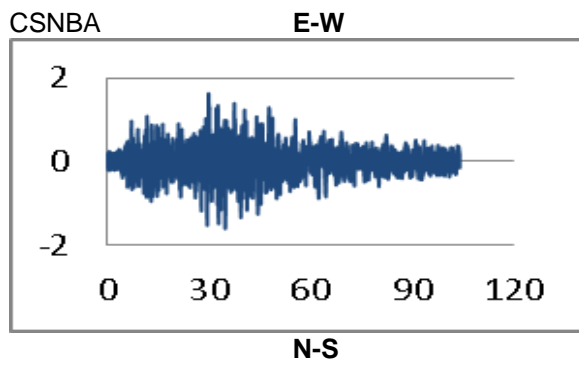


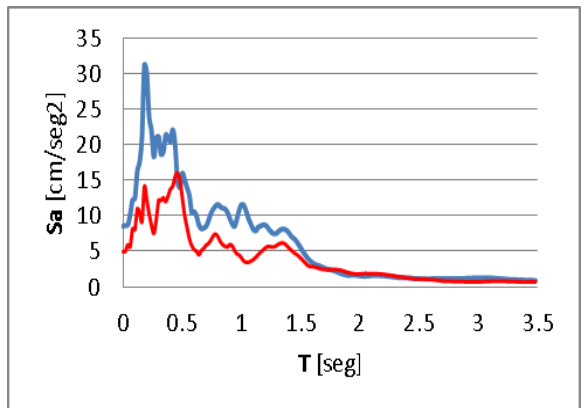
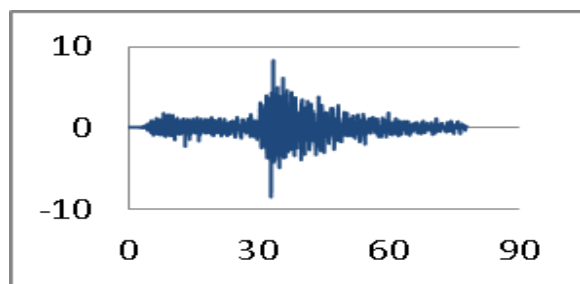
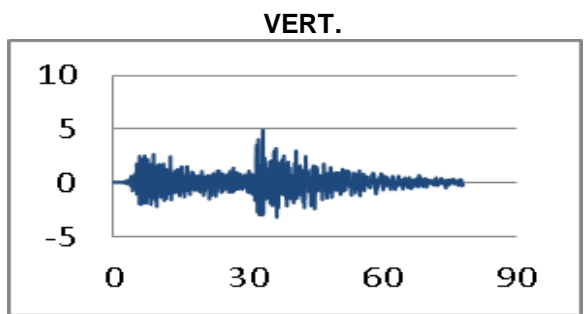
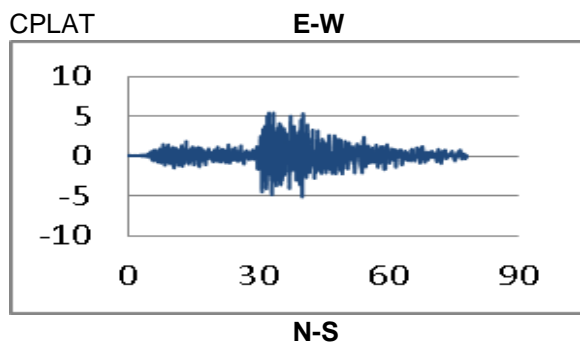
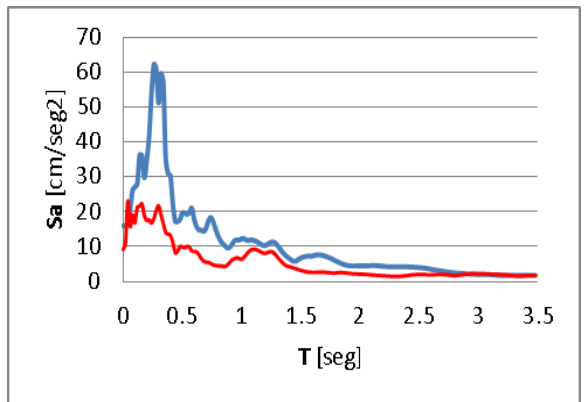
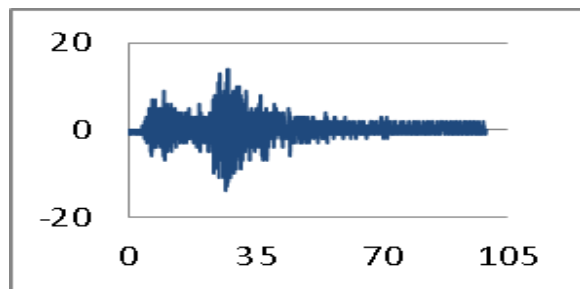
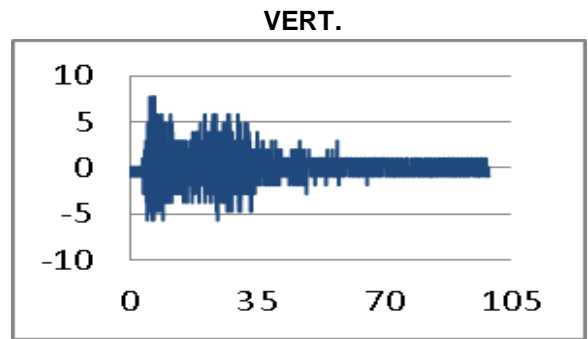
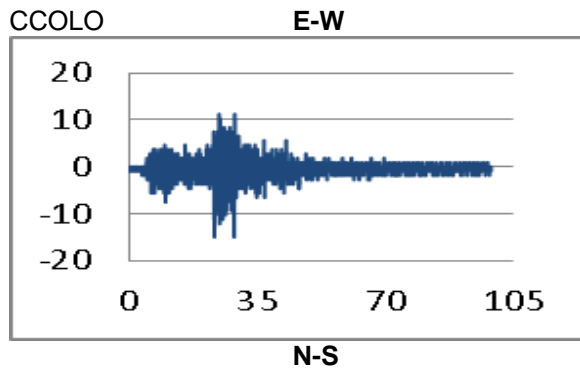
VERT.



N-S

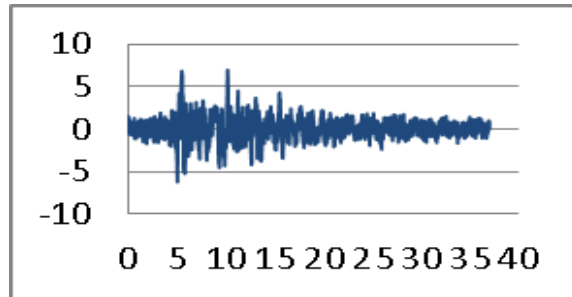




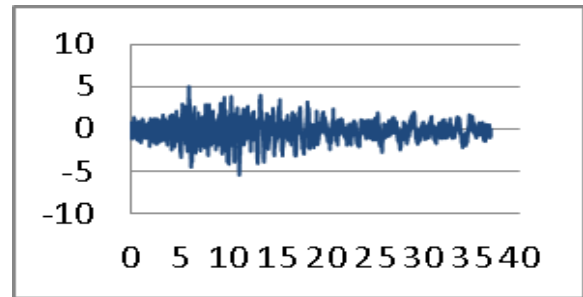


CPRAD

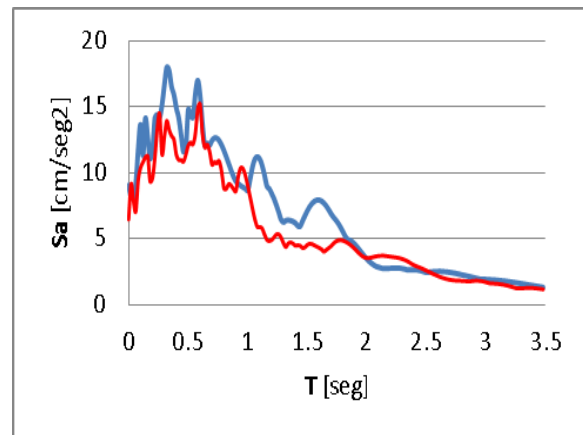
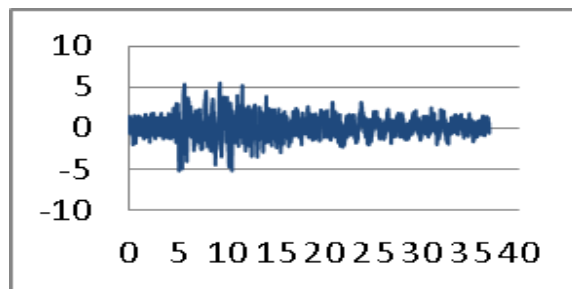
E-W



VERT.

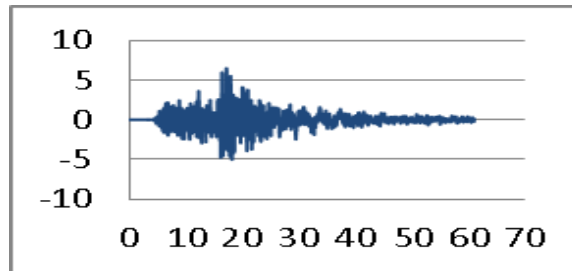


N-S

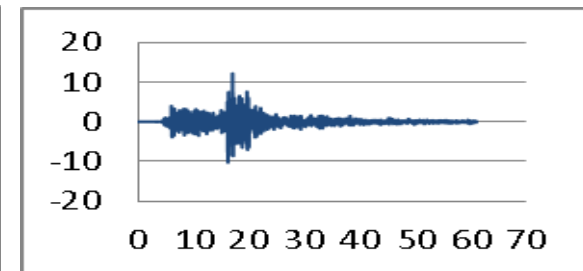


CVHER

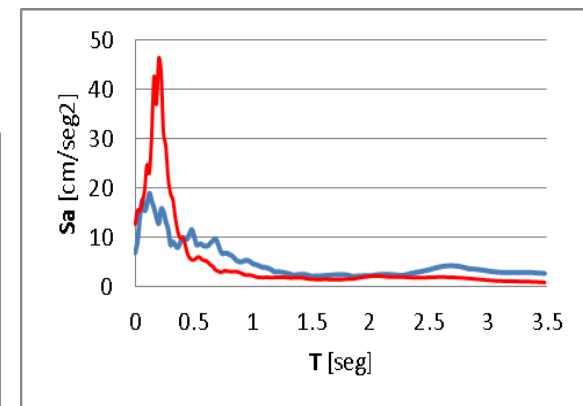
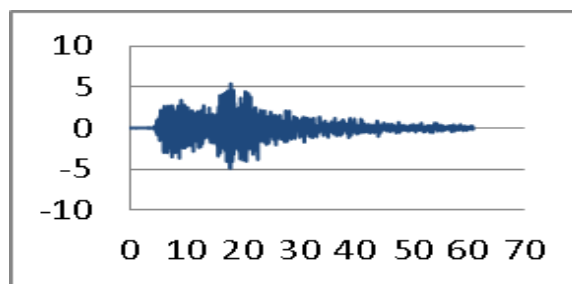
E-W



VERT.

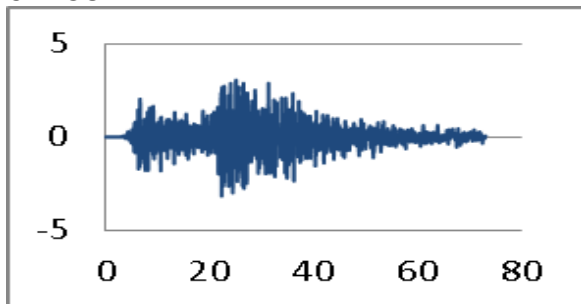


N-S

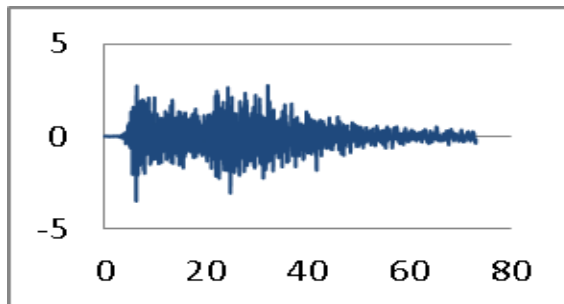


CDAGU

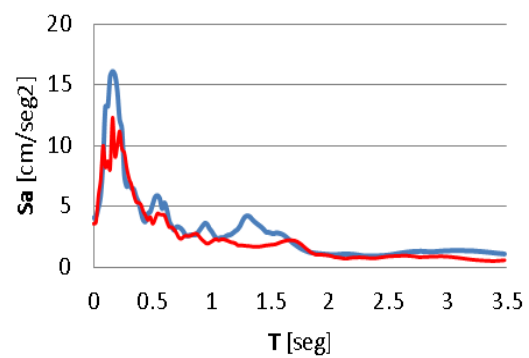
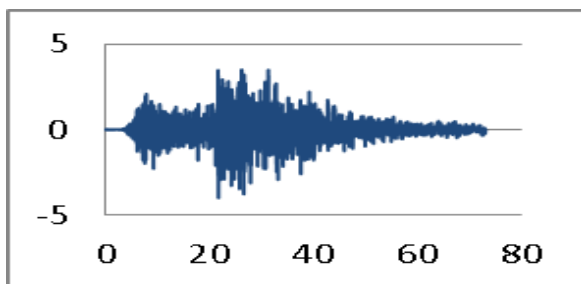
E-W



VERT.

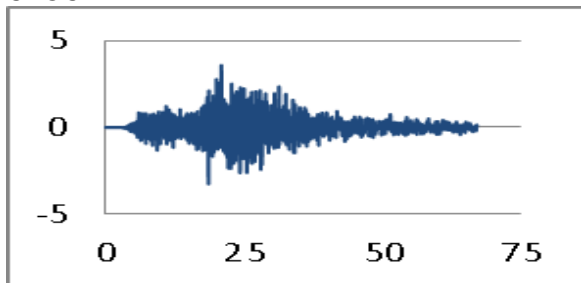


N-S

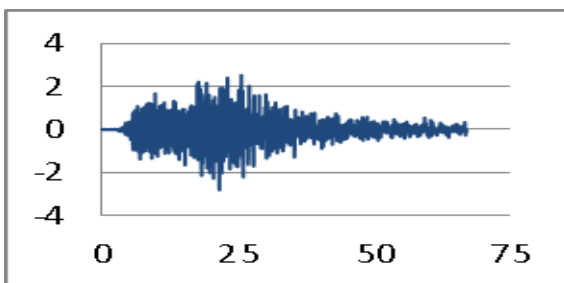


CTOCH

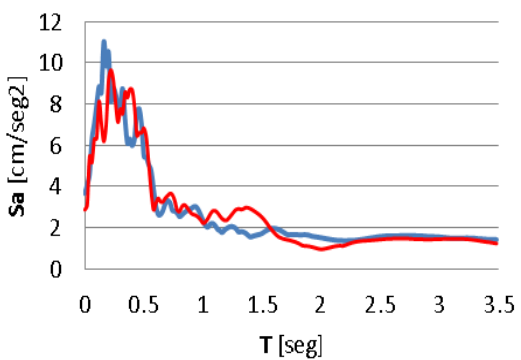
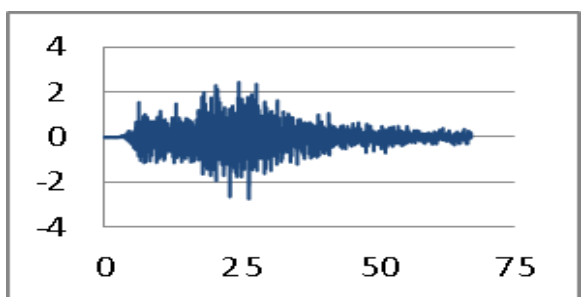
E-W



VERT.

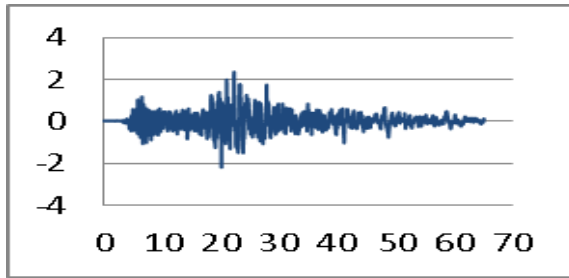


N-S

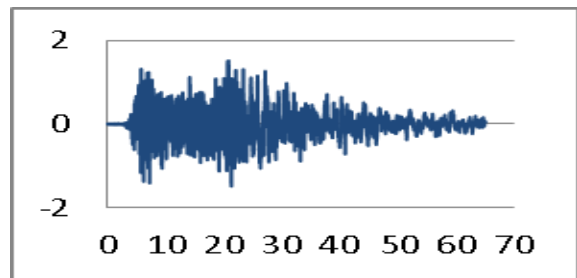


CECAL

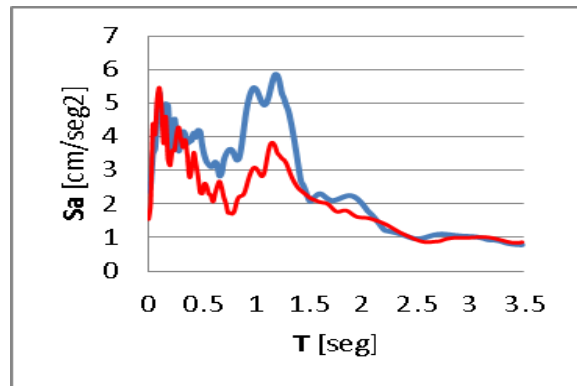
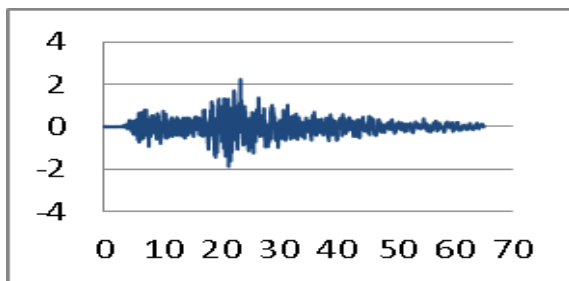
E-W



VERT.



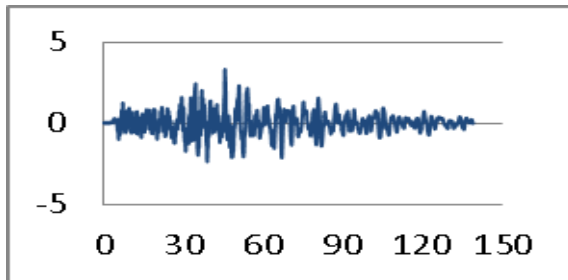
N-S



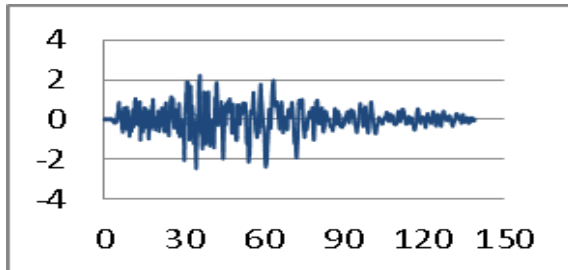
Sismo del Océano Pacífico del 15 de noviembre de 2004

CFILA

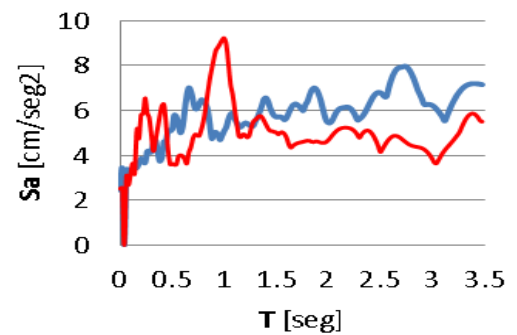
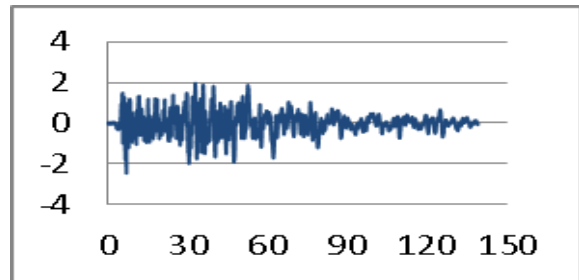
E-W



N-S

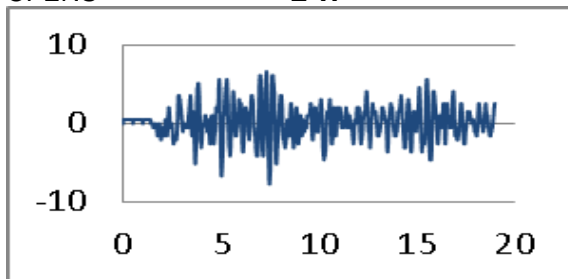


VERT.

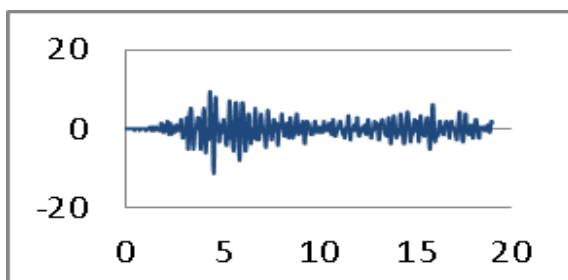


CPENS

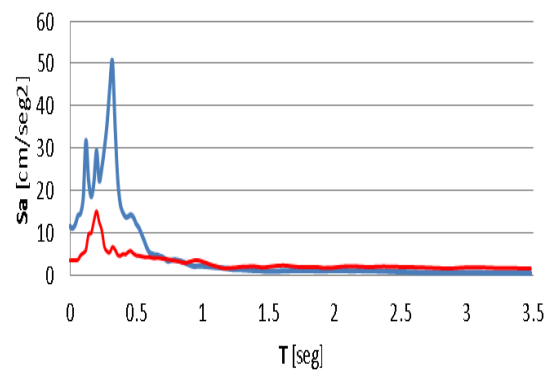
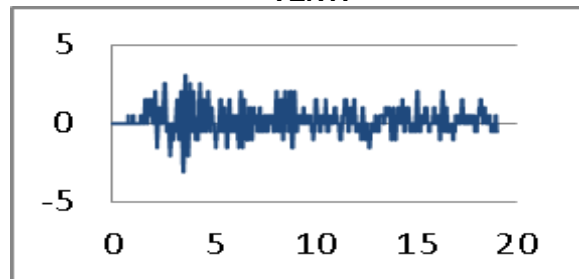
E-W



N-S

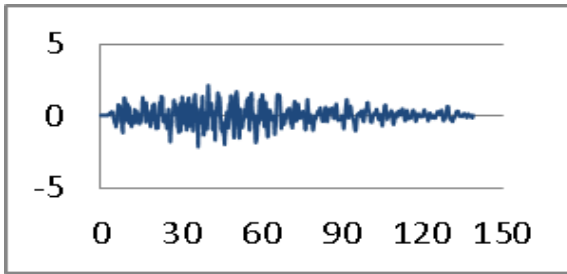


VERT.

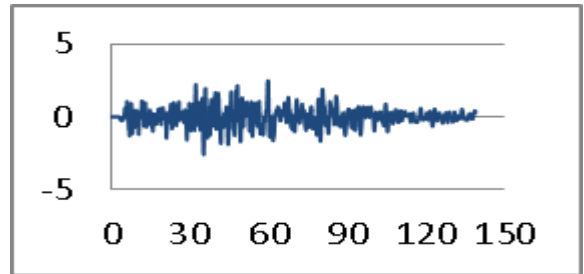


CRIOS

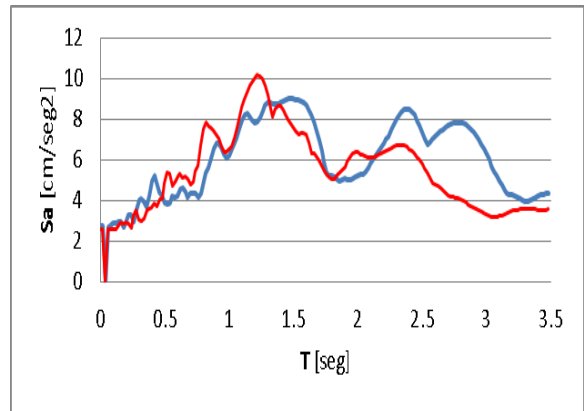
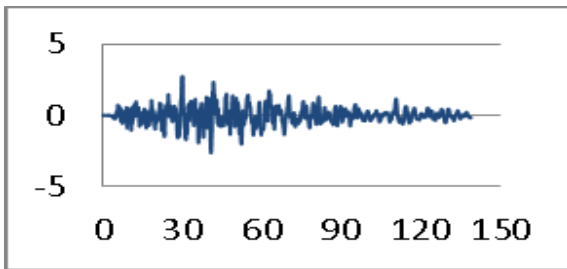
E-W



VERT.

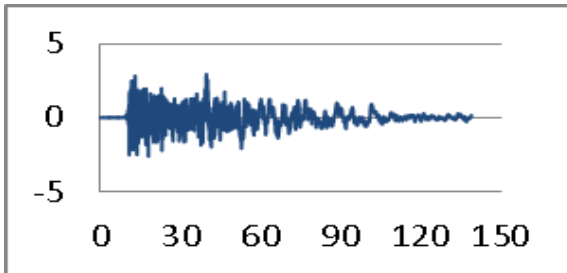


N-S

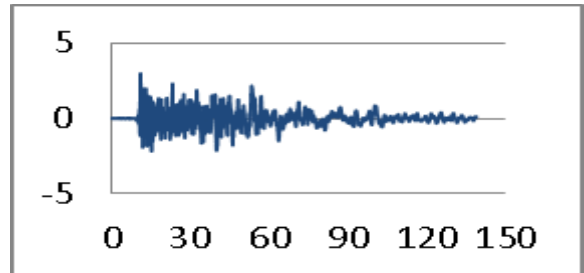


CCALA

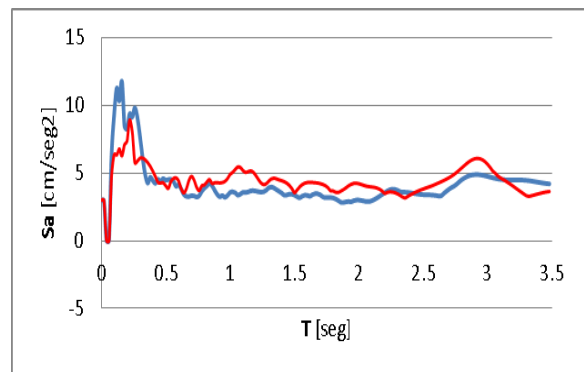
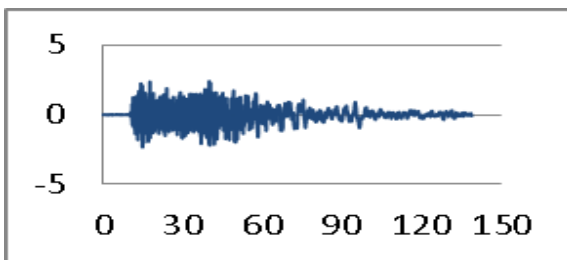
E-W

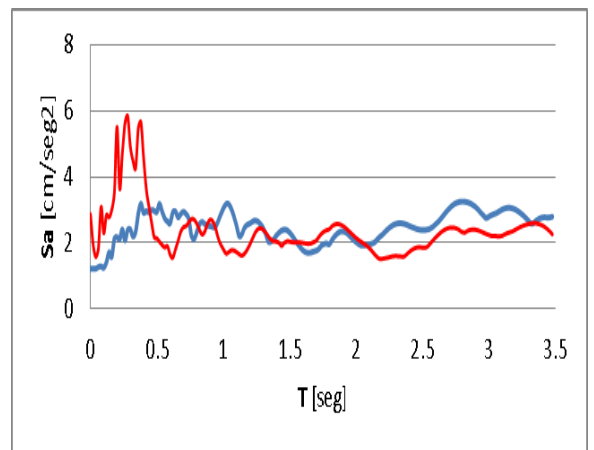
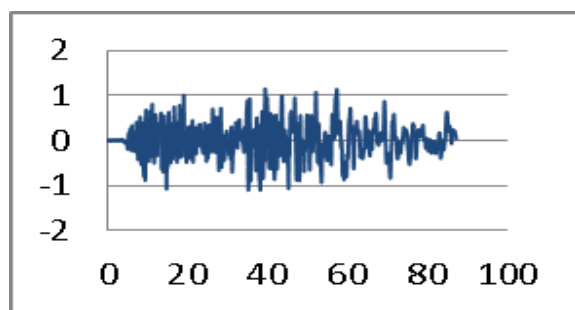
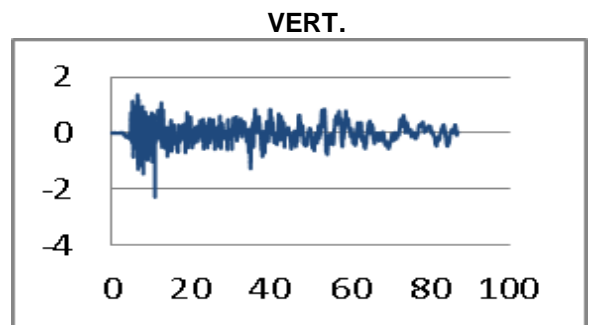
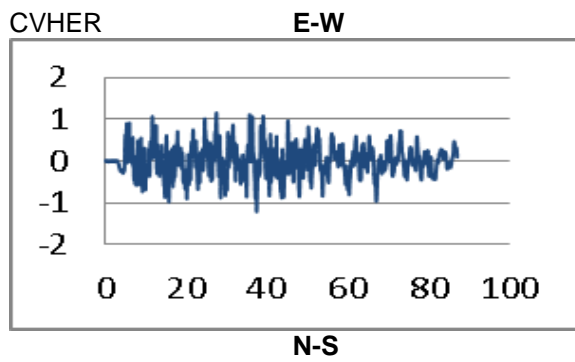
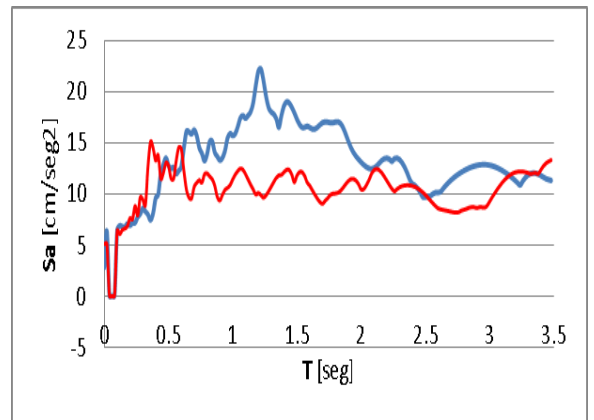
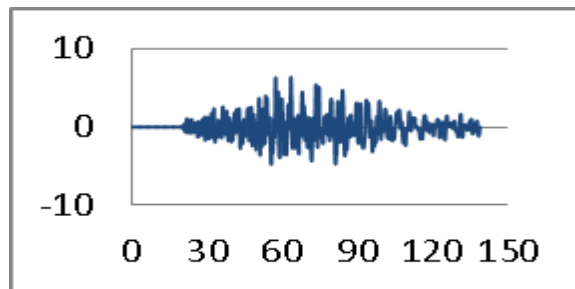
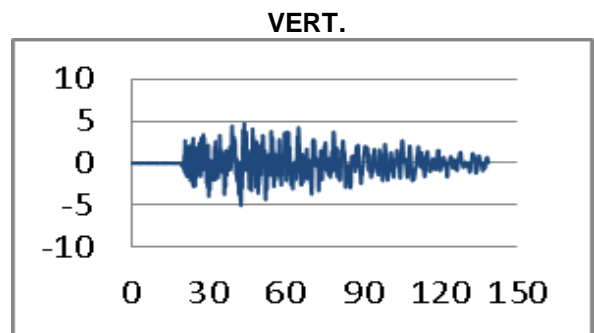
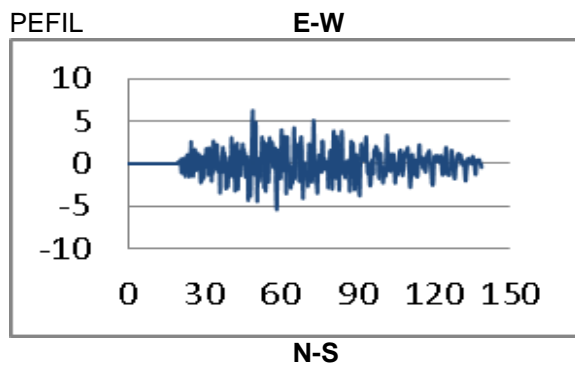


VERT.



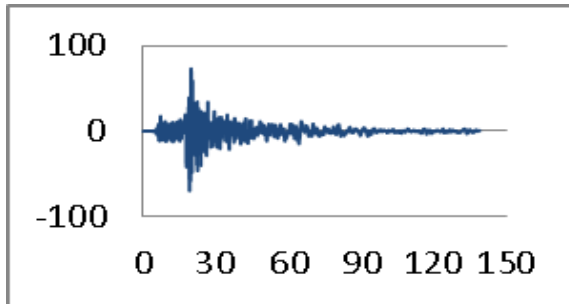
N-S



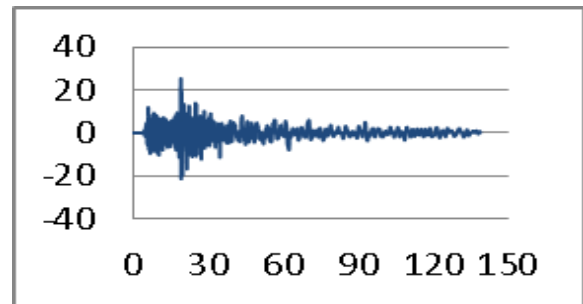


CBMAL

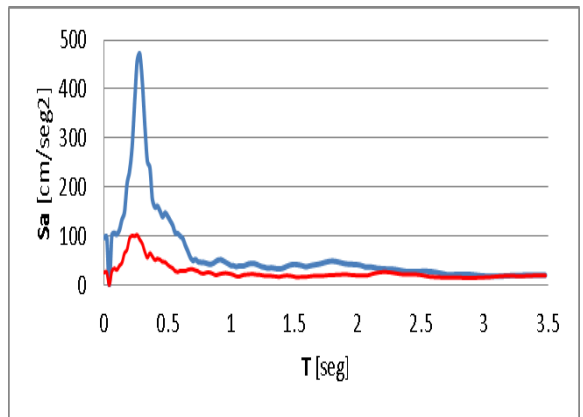
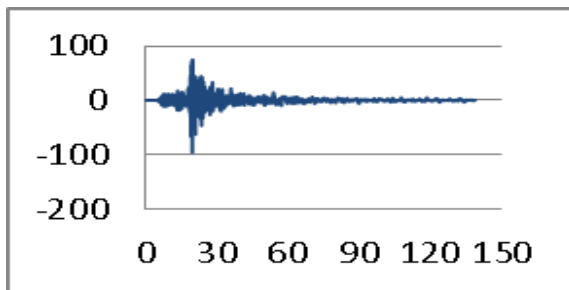
E-W



VERT.

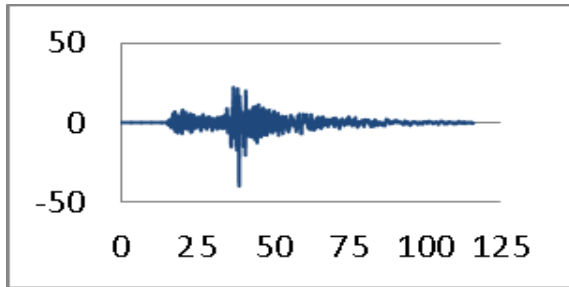


N-S

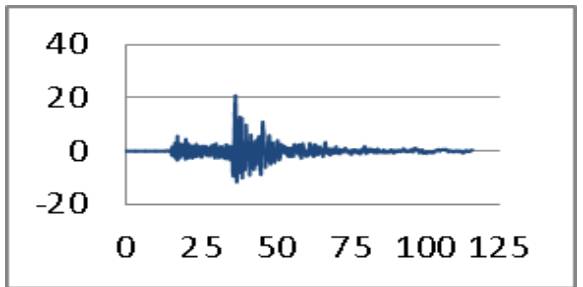


RAC07

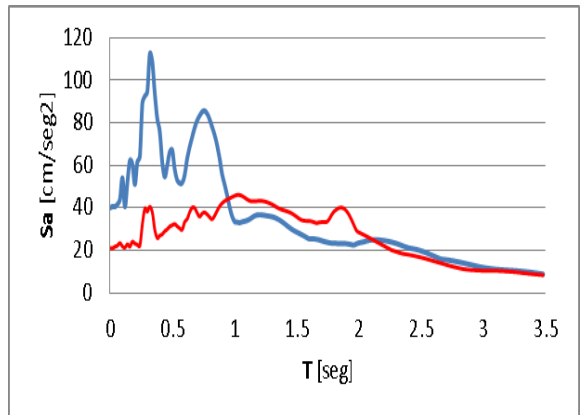
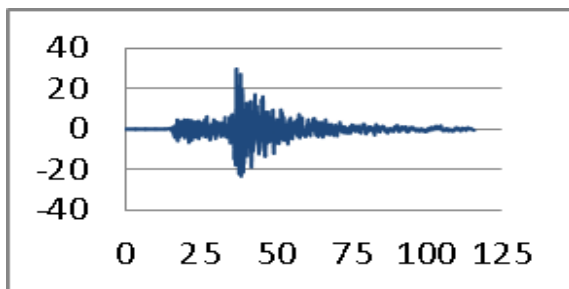
E-W



VERT.

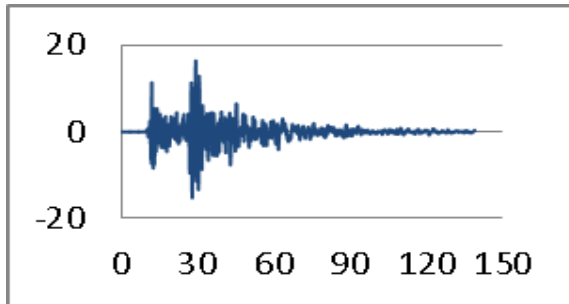


N-S

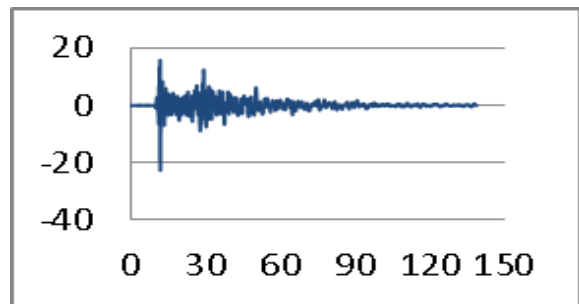


CTRUJ

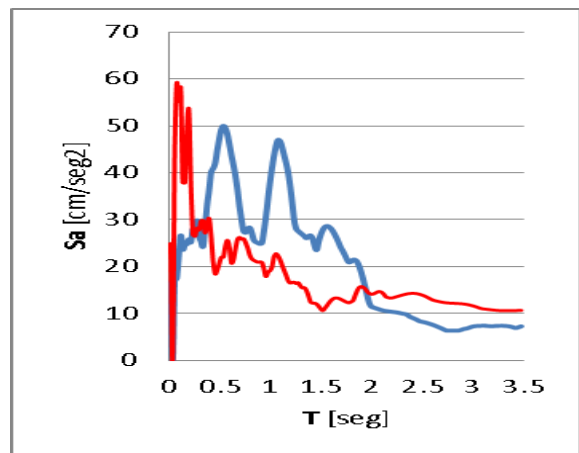
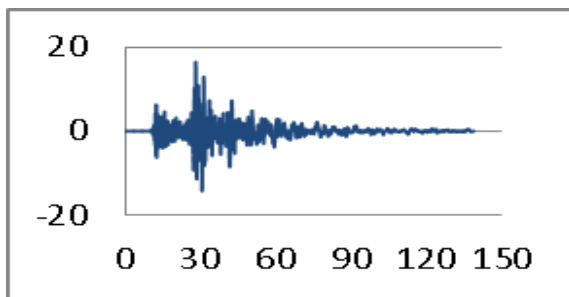
E-W



VERT.



N-S



ANEXO B

PROGRAMA DE INTEGRACIÓN DE DUHAMEL CON MATLAB

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%   ESPECTROS DE DISEÑO METODO DUHAMEL EN MATLAB   %
%                               2013                               %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc,clear all,close all

fig = figure('color',[.8 .8 .8], ...
    'NumberTitle','off', ...
    'Name','ESPECTROS DE DISEÑO (Método de Duhamel)', ...
    'menubar','none', ...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[180 180 750 500]);

titulo = uicontrol('Parent',fig, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',get(fig,'color'), ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center', ...
    'Position',[5 350 130 15], ...
    'String','DETERMINE LOS PARÁMETROS:', ...
    'Style','text');

ejes = axes('units','points', ...
    'Position',[150, 50, 390, 300], ...
    'color','w');
xlabel('Periodo T [seg]','FontWeight','demi');
ylabel('Acel [m/s^2]; Vel [m/s]; U [cm]','FontWeight','demi');
title(['Espectros de Respuesta (Duhamel)'],'FontWeight','demi');
axis('on')

Ts=.005;
% Ts Time Step dado por el registro del acelerograma

tituloTs = uicontrol('Parent',fig, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',get(fig,'color'), ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[10 315 35 10], ...
    'String','Ts [seg]:', ...
    'Style','text');

valor_Ts = uicontrol('Parent',fig, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor','w', ...
```

```

        'Position',[50 315 50 14], ...
        'Style','edit',...
        'callback','valor=get(valor_Ts, 'string');Ts=str2double(valor)');

opcion=1;
Zita=0.05;

tituloCI = uicontrol('Parent',fig, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',get(fig,'color'), ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center', ...
    'Position',[10 245 50 15], ...
    'String','C Iniciales', ...
    'Style','text');

tituloCCII = uicontrol('Parent',fig, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',get(fig,'color'), ...
    'HorizontalAlignment','center', ...
    'Position',[10 215 70 35], ...
    'String','u(0)=0, v(0)=0, P(0)=0', ...
    'Style','text');

botonAnalizar = uicontrol('Parent',fig, ...
    'Style','push', ...
    'BackgroundColor',get(fig,'color'), ...
    'Units','points', ...
    'Position',[10 190 100 25], ...
    'Fontweight','bold', ...
    'String','Computo', ...
    'CallBack',[...
    'calculo']);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%           ESPECTROS DE DISEÑO METODO DUHAMEL           %
%                   SUB FUNCIÓN calculo                   %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Datos sismo [cm/sec2]
load pacifvctruij.m
F=[pacifvctruij'];
N=length(F);
td=Ts*(N-1);
% tt=0:dt:t;

T(1)=0;
for i=1:N
    T(i+1)=i*Ts;
end

```

```

j=(td/Ts)+2;
F(j:N)=0;
F=F(1:N);

% CALCULO FRECUENCIA NATURAL Y PERIODO

e=Zita;
s=0;

for P=0.02:0.02:3.5
    s=s+1;
    W=2*pi/P;
    WD=W*sqrt(1-e^2);

%     CALCULO RESPUESTA DINÁMICA EN CADA PUNTO DE TIEMPO
A(1)=0; B(1)=0;
Y(1)=0;

    for i=2:N
        dF(i)=F(i)-F(i-1);
        dT(i)=T(i)-T(i-1);

S12=exp(e*W*T(i))*(e*W*cos(WD*T(i))+WD*sin(WD*T(i)))/((e*W)^2+WD^2);
    S11=exp(e*W*T(i-1))*(e*W*cos(WD*T(i-1))+WD*sin(WD*T(i-
1)))/((e*W)^2+WD^2);
    I1=S12-S11;

        S22=exp(e*W*T(i))*(e*W*sin(WD*T(i))-
WD*cos(WD*T(i)))/((e*W)^2+WD^2);
    S21=exp(e*W*T(i-1))*(e*W*sin(WD*T(i-1))-WD*cos(WD*T(i-
1)))/((e*W)^2+WD^2);
    I2=S22-S21;

        S32=(T(i)-e*W/((e*W)^2+WD^2))*S22+WD/((e*W)^2+WD^2)*S12;
    S31=(T(i-1)-e*W/((e*W)^2+WD^2))*S21+WD/((e*W)^2+WD^2)*S11;
    I3=S32-S31;

        S42=(T(i)-e*W/((e*W)^2+WD^2))*S12-WD/((e*W)^2+WD^2)*S22;
    S41=(T(i-1)-e*W/((e*W)^2+WD^2))*S11-WD/((e*W)^2+WD^2)*S21;
    I4=S42-S41;

        A(i)=A(i-1)+(F(i-1)-T(i-1)*dF(i)/dT(i))*I1+dF(i)/dT(i)*I4;

        B(i)=B(i-1)+(F(i-1)-T(i-1)*dF(i)/dT(i))*I2+dF(i)/dT(i)*I3;

%     SOLUCIÓN PARA DESPLAZAMIENTO

```

```

        Y(i)=exp(-e*W*T(i))/WD*(A(i)*sin(WD*T(i))-B(i)*cos(WD*T(i)));
    end

%      MÁXIMAS RESPUESTAS

        Sd=max(abs(Y));
        Sv=W*Sd;
        Sa=W*Sv;

        spec(s,1)=P;
        spec(s,2)=Sd;
        spec(s,3)=Sv;
        spec(s,4)=Sa;
    end

        grid;
    figure(1);
    hold on
    plot(spec(:,1),spec(:,4),'r-','linewidth',1);
    title('response spectrum for Sa');
    xlabel('Periodo (sec)');
    ylabel('Aceleración Sa (cm/sec2)');
    legend('\xi=5%');
    hold off
    grid on;

    botonReiniciar = uicontrol('Parent',fig, ...
        'Style','push', ...
        'BackgroundColor',get(fig,'color'), ...
        'Units','points', ...
        'Position',[10 10 100 25], ...
        'Fontweight','bold', ...
        'String','REINICIAR', ...
        'Callback',[...
        'responsespectrum']);

```

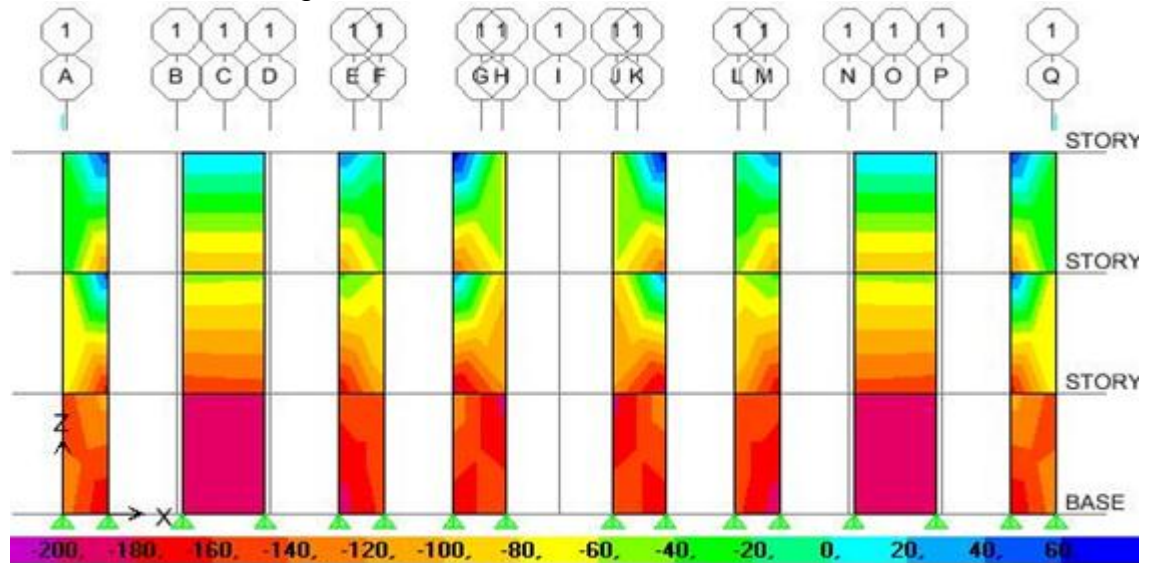
Fuentes: [30]

ANEXO C

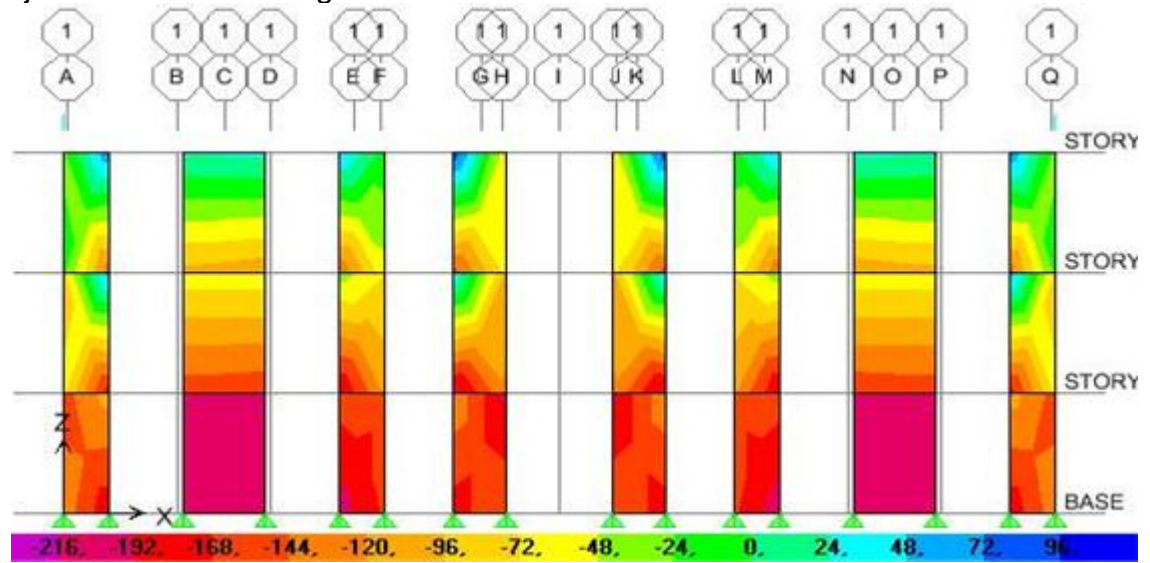
Gráficos de Esfuerzos; unidades [kPa]

Esfuerzo S11, eje 1 (Edif de 3 pisos), combinación de carga B.2.4-5
1.2D+1.0E+1.0L, con el sismo en X

Sin la acción de la carga vertical sísmica

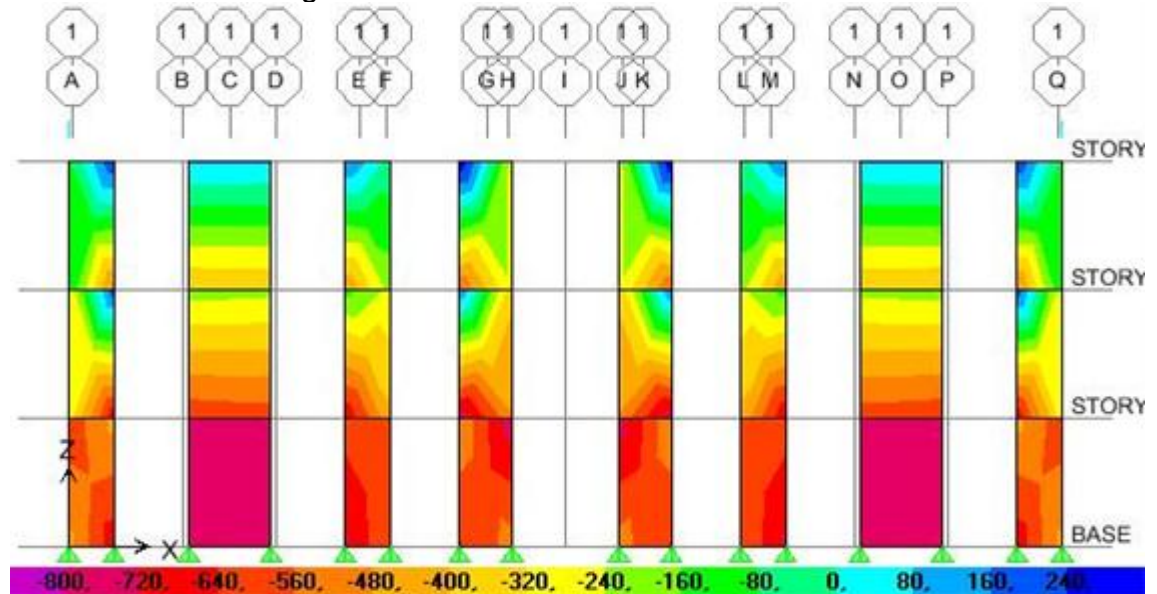


Bajo la acción de la carga vertical sísmica

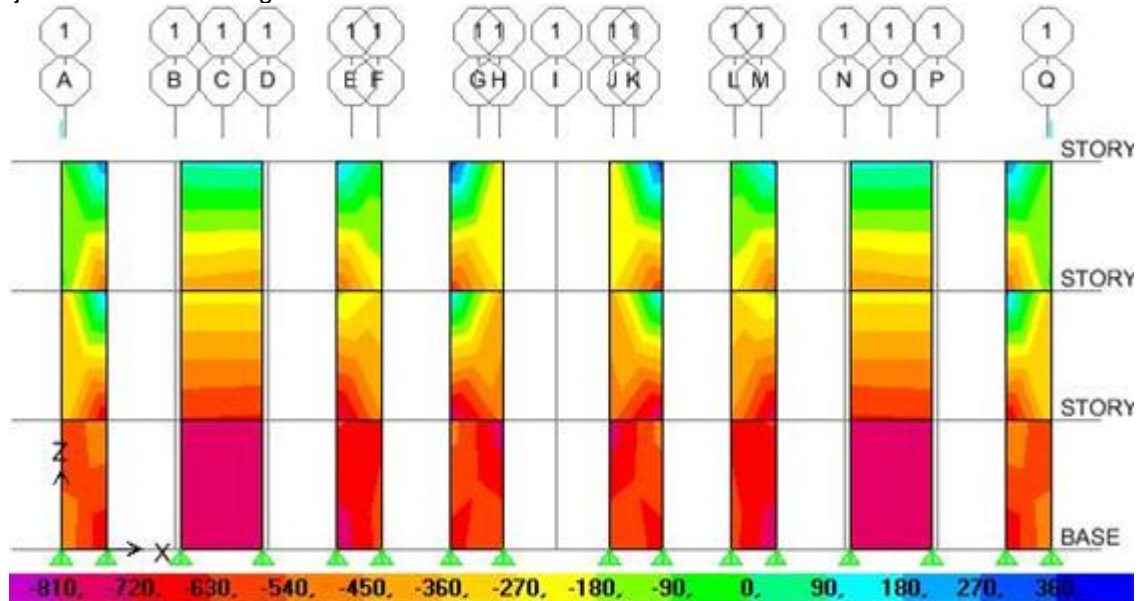


Esfuerzo S22, eje 1 (Edif de 3 pisos), combinación de carga B.2.4-5
 $1.2D+1.0E+1.0L$, con el sismo en X

Sin la acción de la carga vertical sísmica

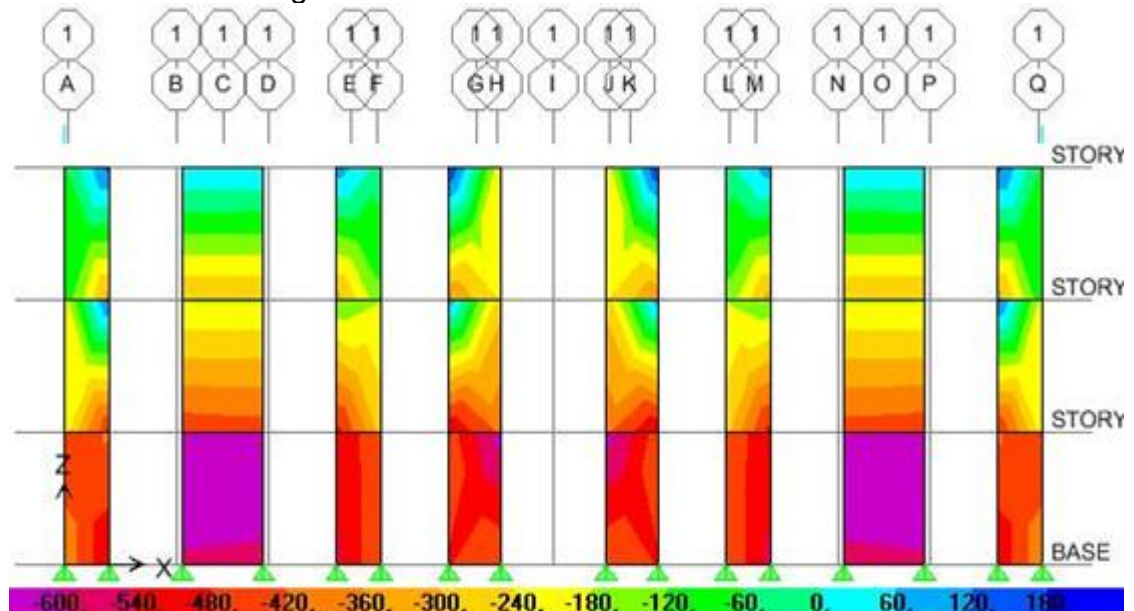


Bajo la acción de la carga vertical sísmica

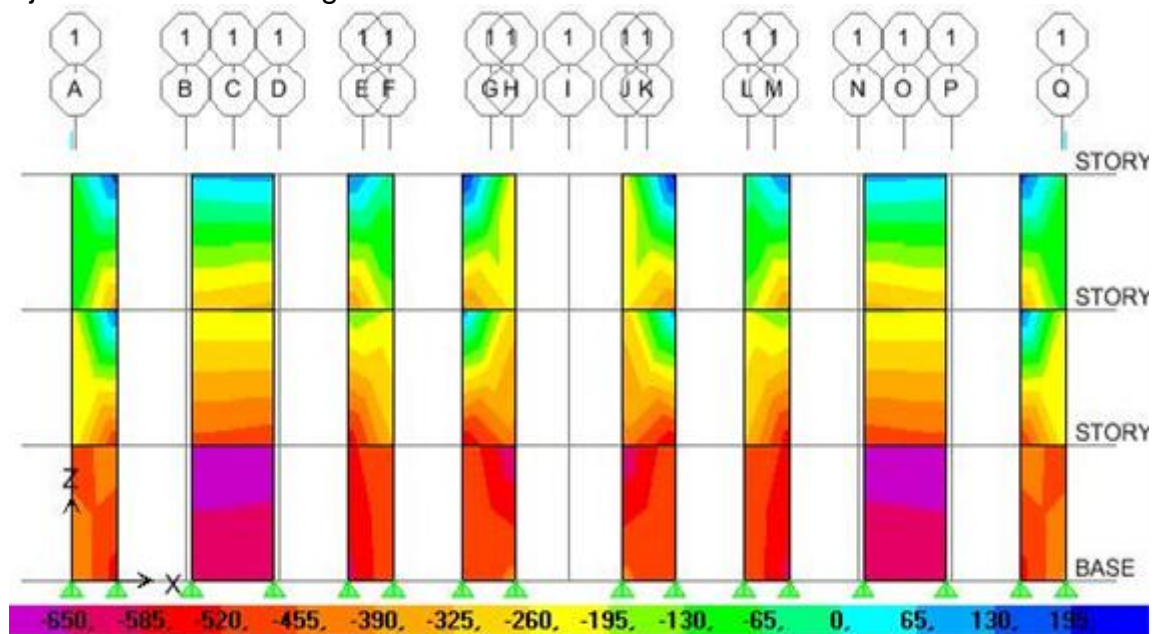


Esfuerzo S22, eje 1 (Edif de 3 pisos), combinación de carga B.2.4-7 0.9D+1.0E, con el sismo en X.

Sin la acción de la carga vertical sísmica

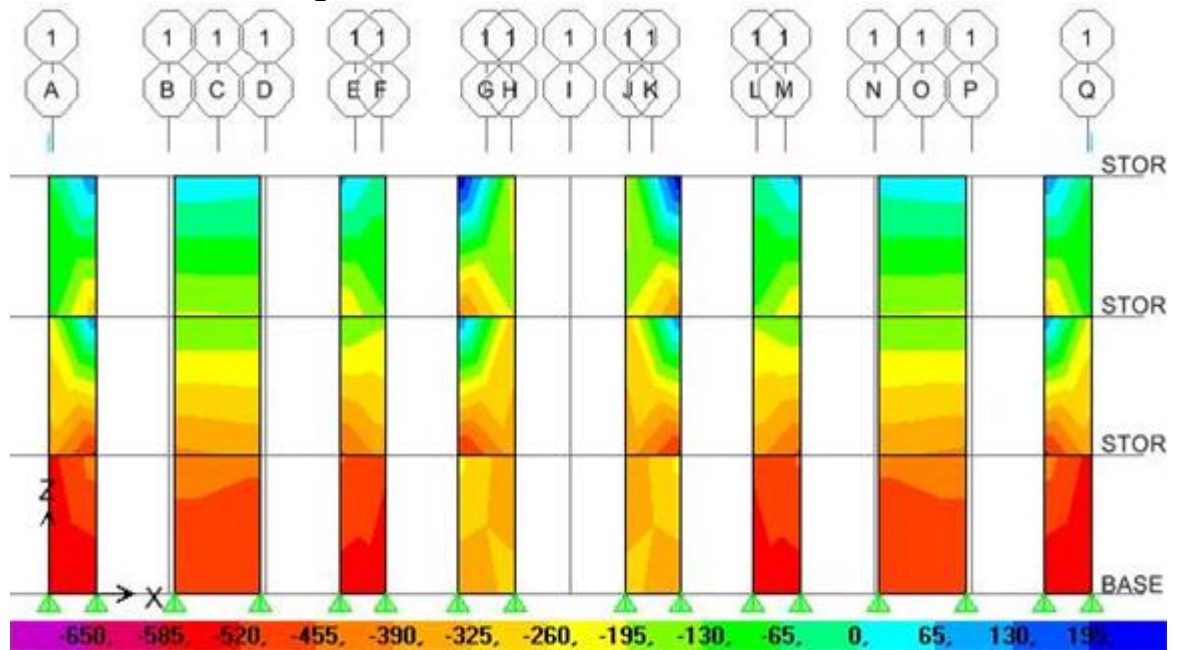


Bajo la acción de la carga vertical sísmica

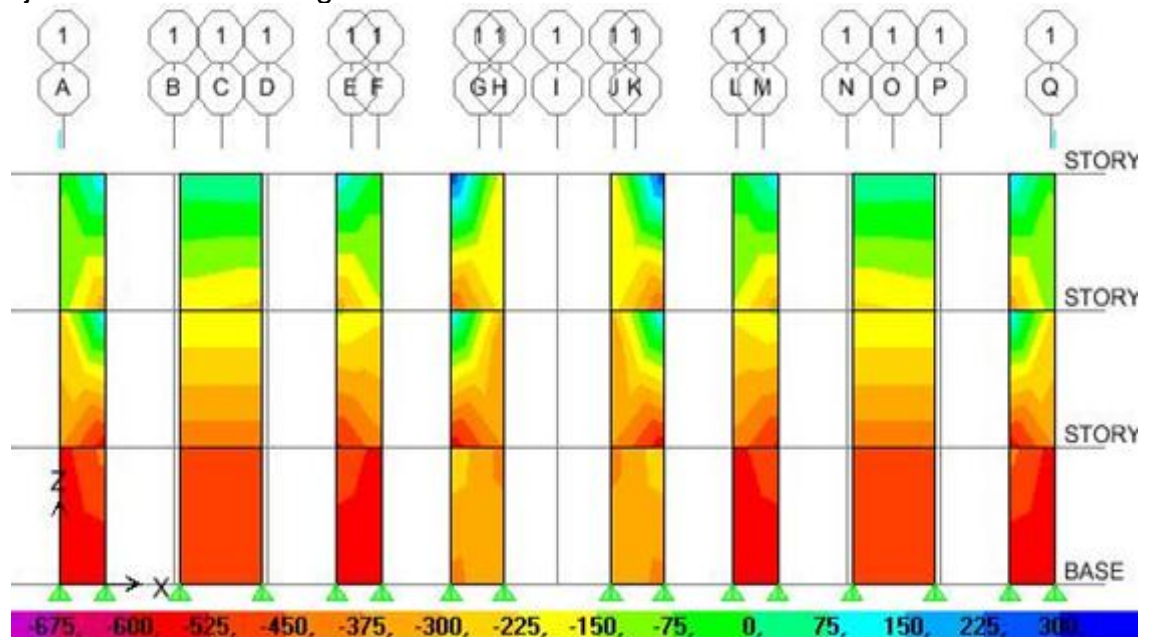


Esfuerzo S22, eje 1 (Edif de 3 pisos), combinación de carga B.2.4-7 $0.9D+1.0E$, con el sismo en Y.

Sin la acción de la carga vertical sísmica.

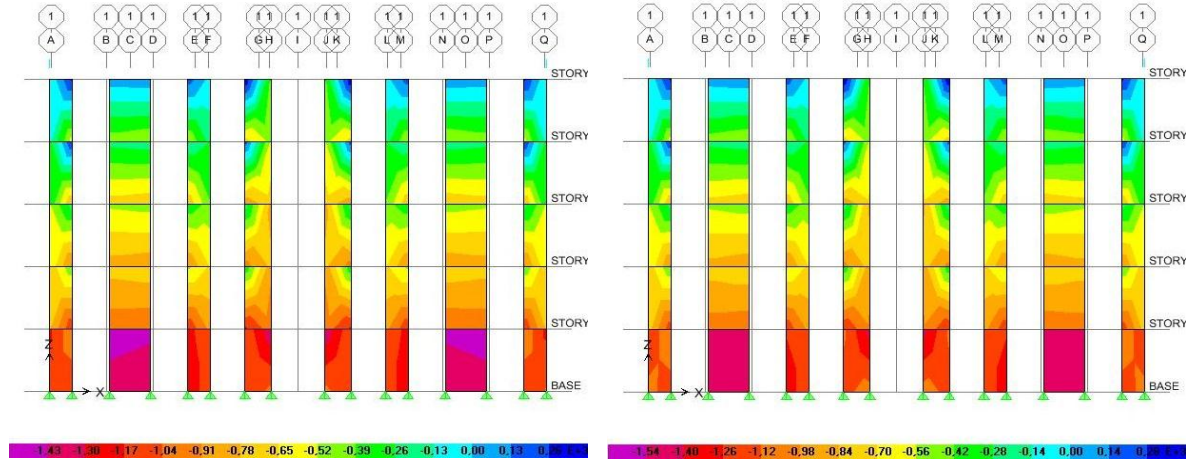


Bajo la acción de la carga vertical sísmica

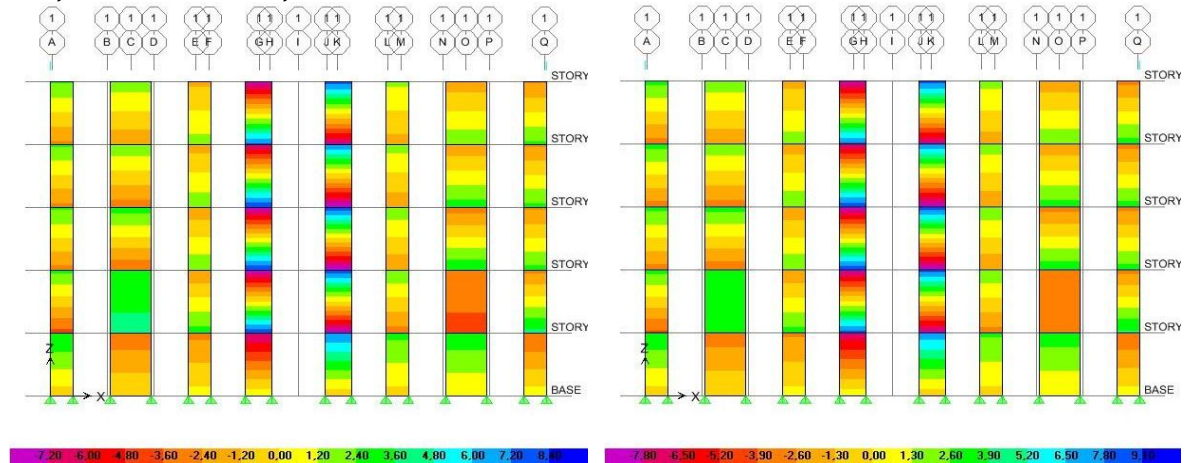


Esfuerzos en el eje 1 (Edif de 5 pisos), sin la acción de la carga vertical sísmica (izquierda) y bajo la acción de la carga vertical sísmica (derecha) [KN-m].

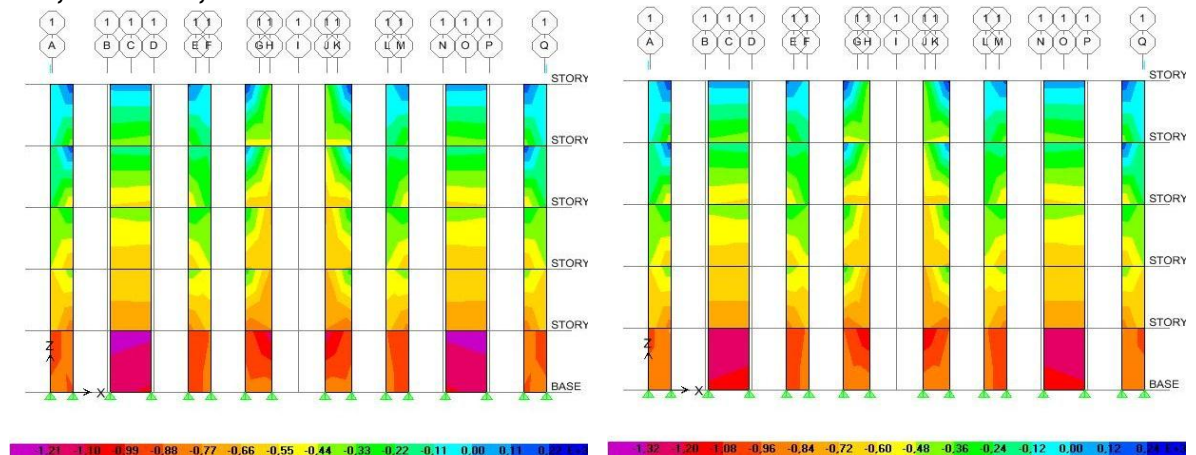
S22, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en X



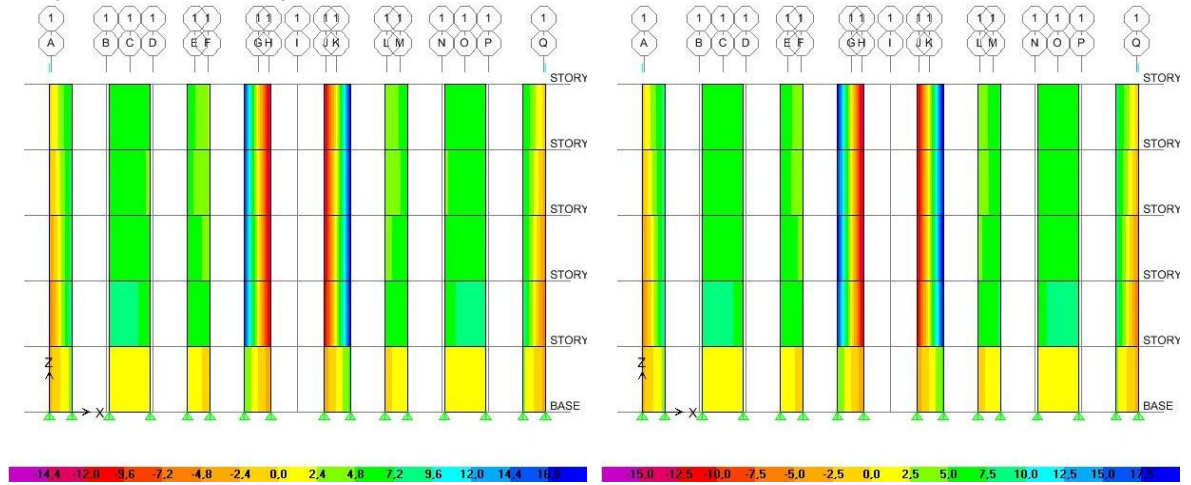
S13, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en X



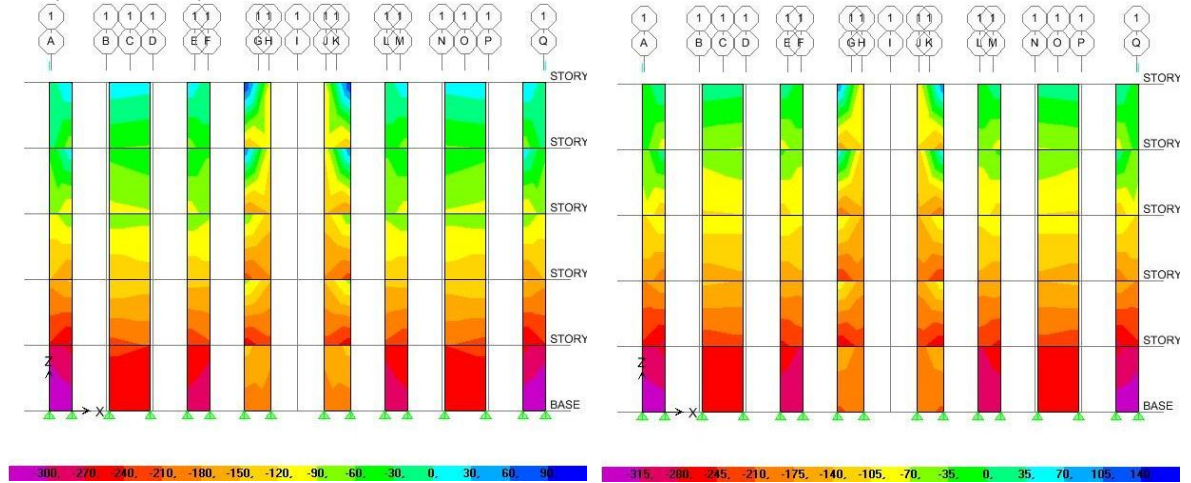
S22, 0.9D+1.0E, Sismo en X



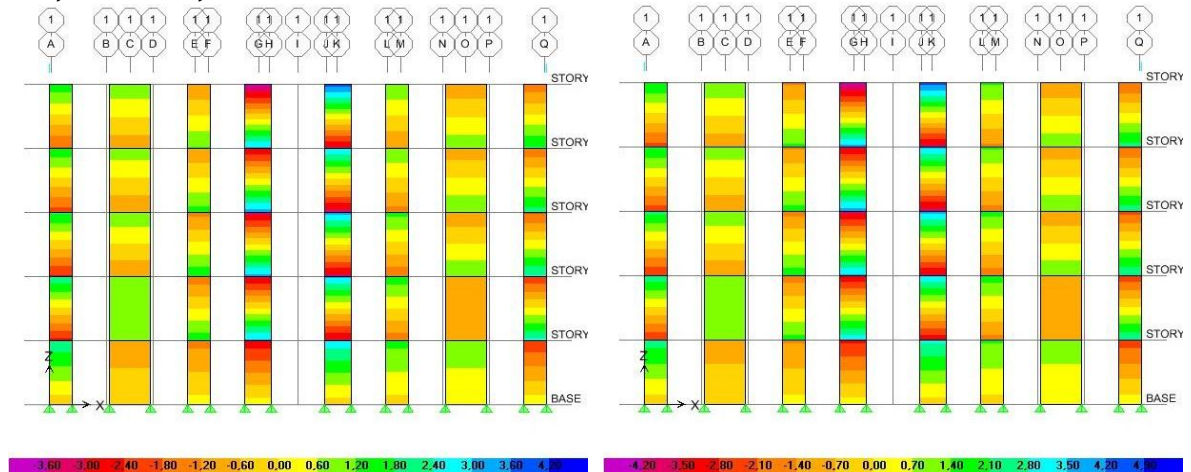
S23, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en Y



S11, 0.9D+1.0E, Sismo en Y

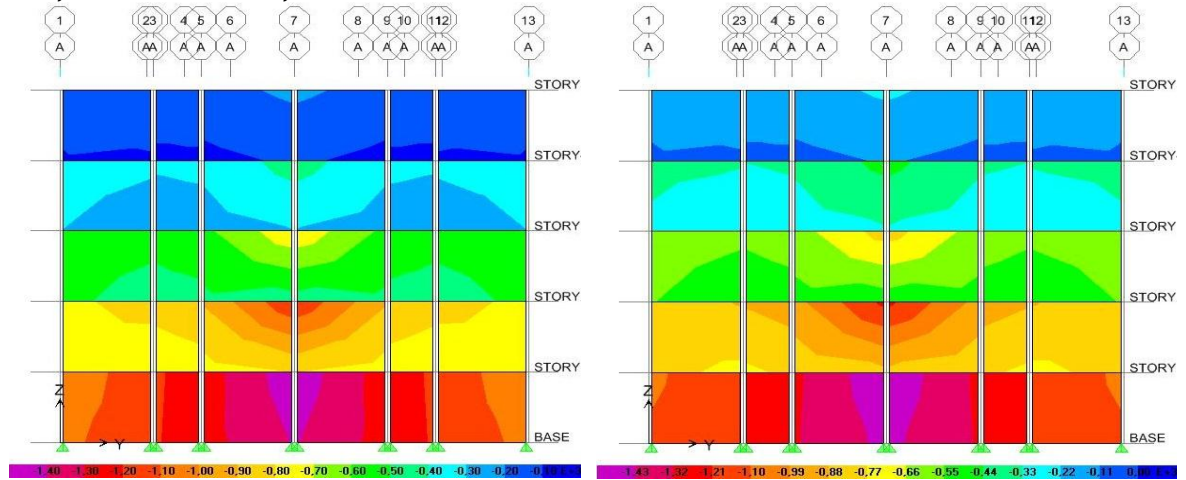


S13, 0.9D+1.0E, Sismo en Y

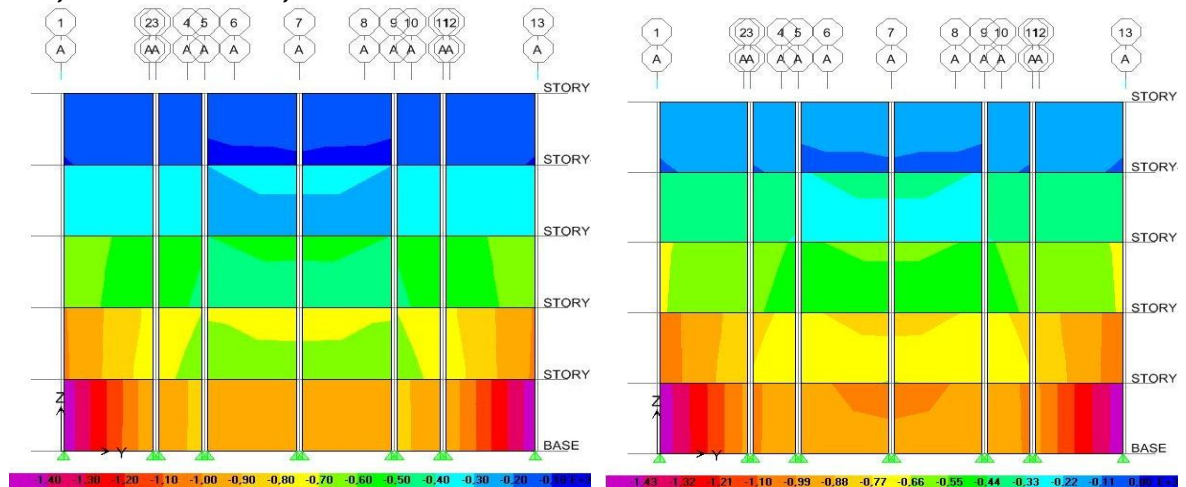


Esfuerzos en el eje A (Edif de 5 pisos)

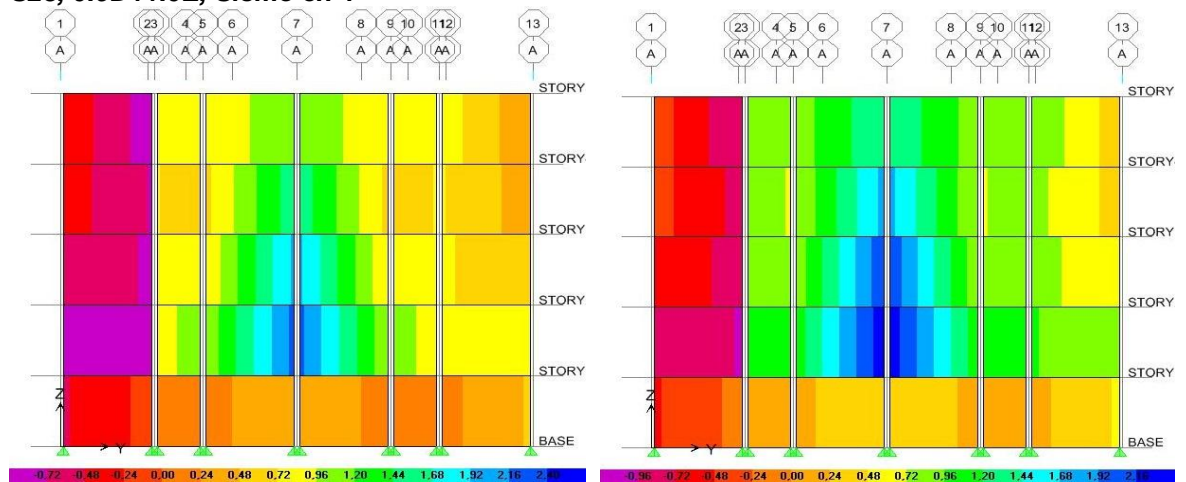
S22, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en X



S22, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en Y

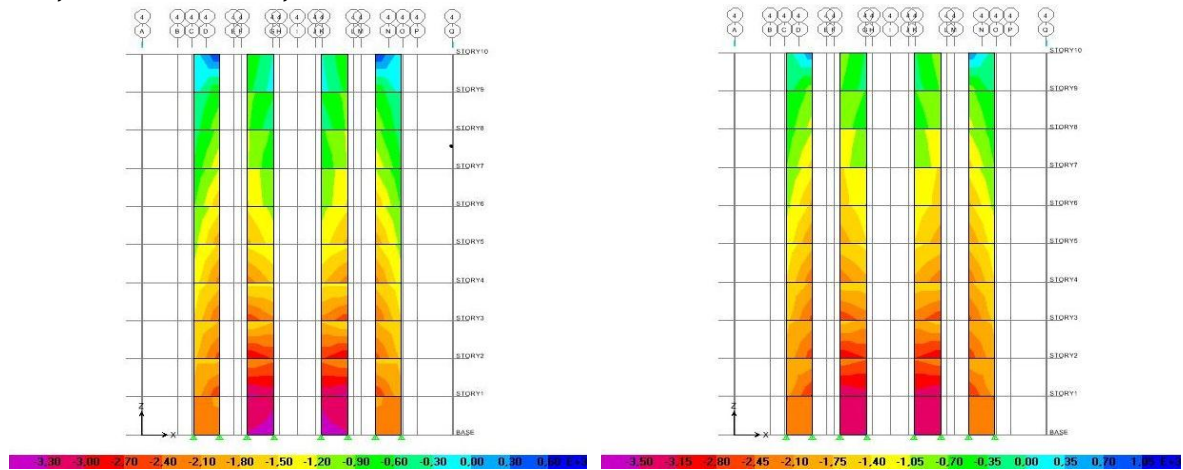


S23, 0.9D+1.0E, Sismo en Y

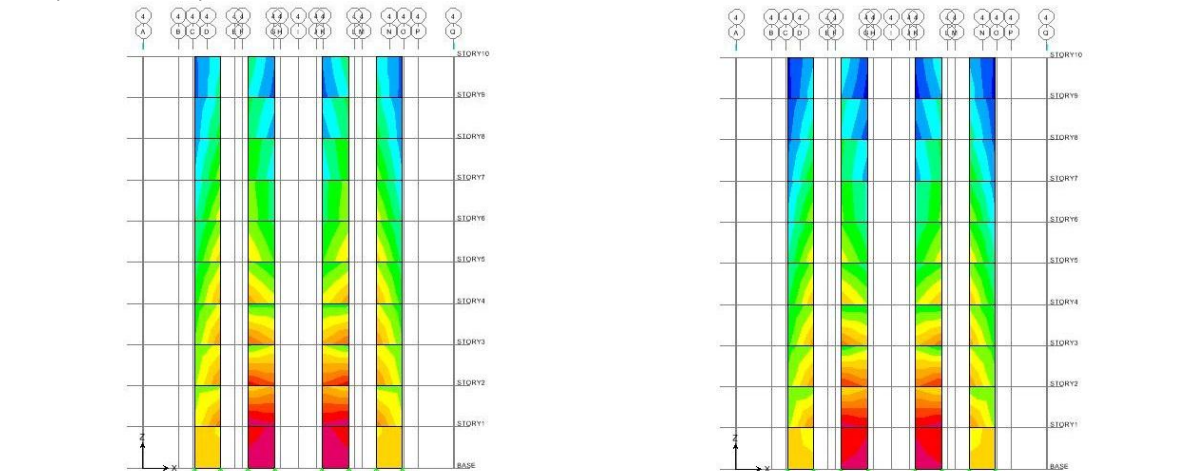


Esfuerzos en el eje 4 (Edif de 10 pisos).

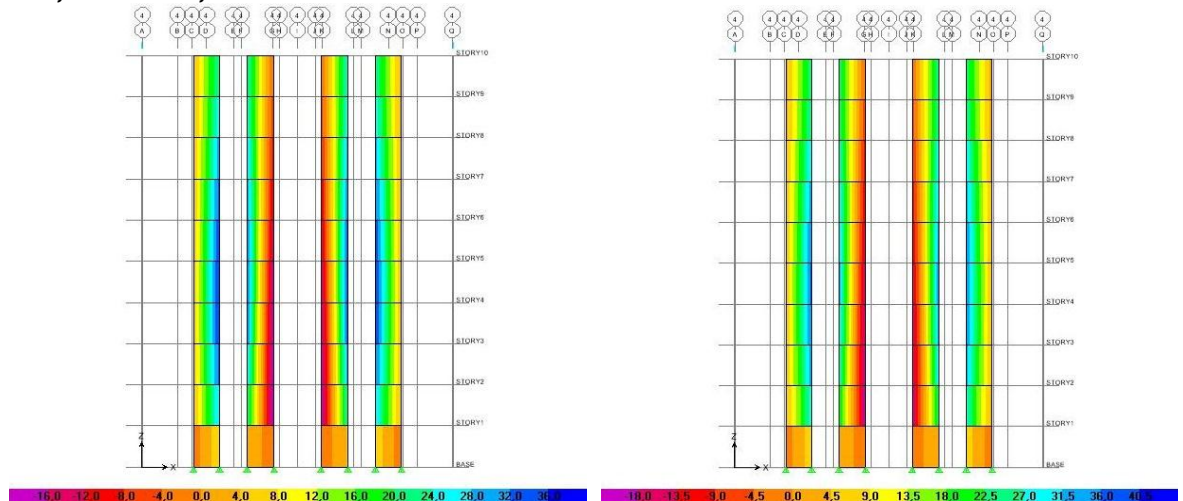
S22, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en Y



S22, 0.9D+1.0E, Sismo en Y

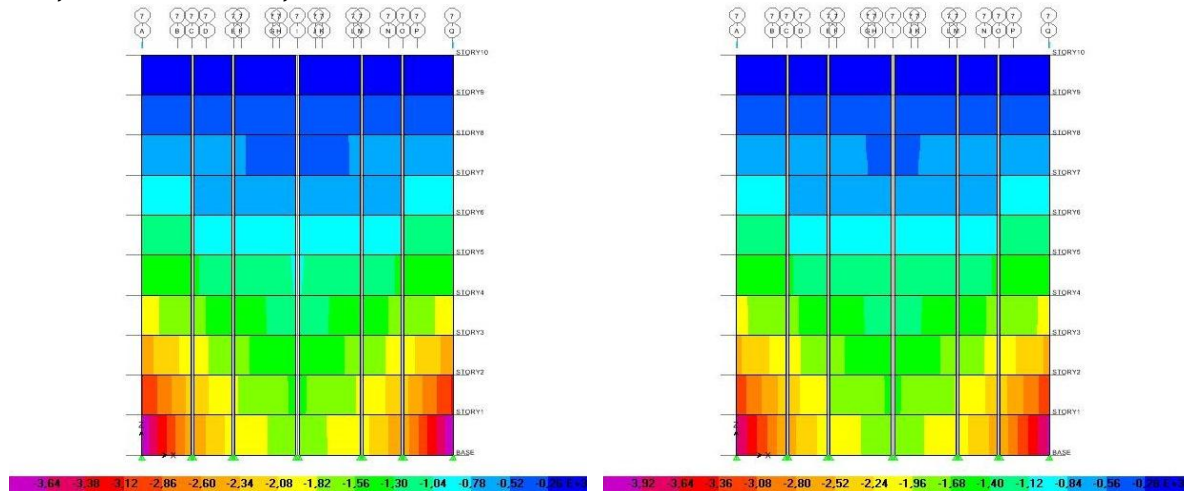


S23, 0.9D+1.0E, Sismo en Y

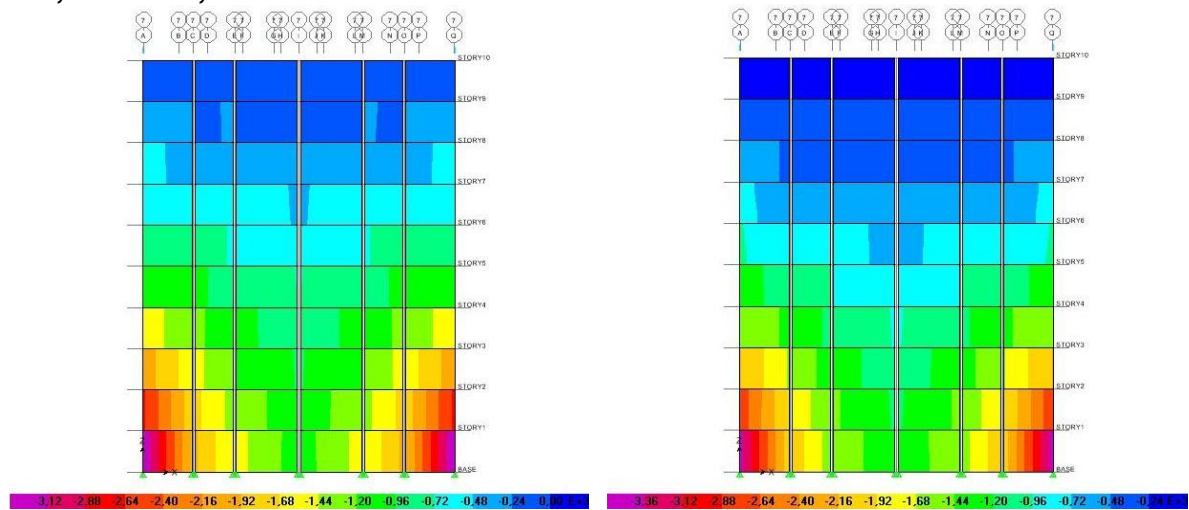


Esfuerzos en el eje 7 (Edif de 10 pisos)

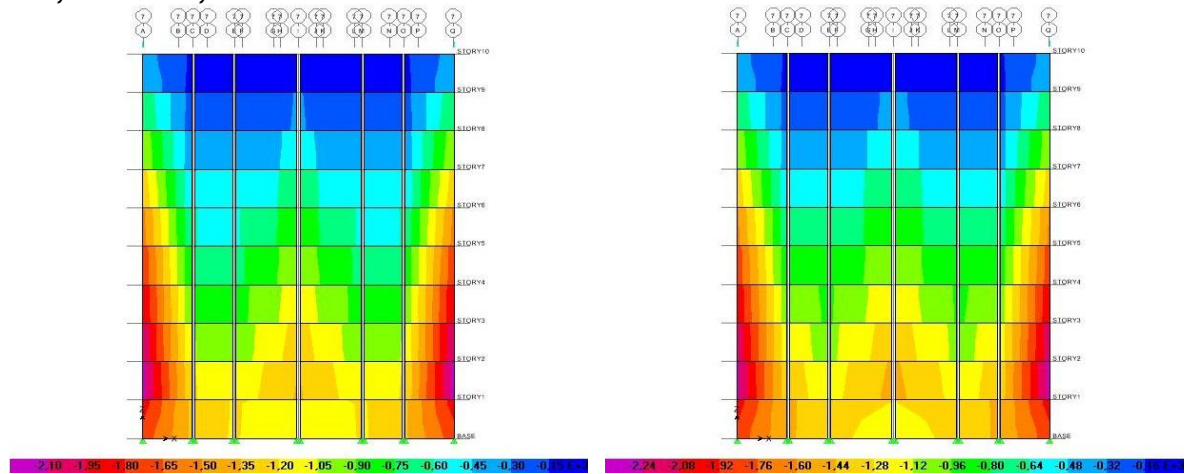
S22, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en X



S22, 0.9D+1.0E, Sismo en X

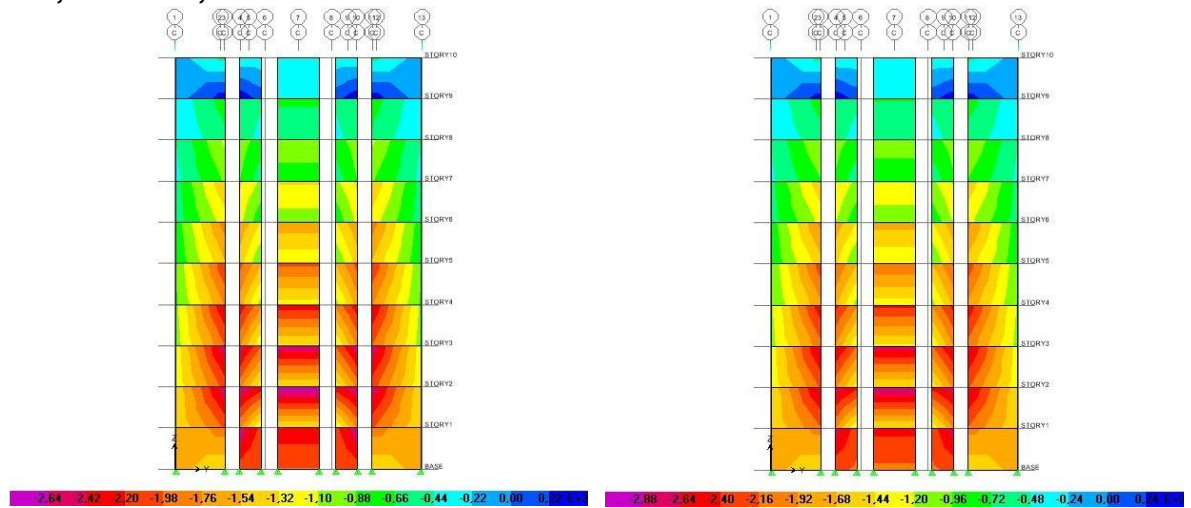


S22, 0.9D+1.0E, Sismo en Y

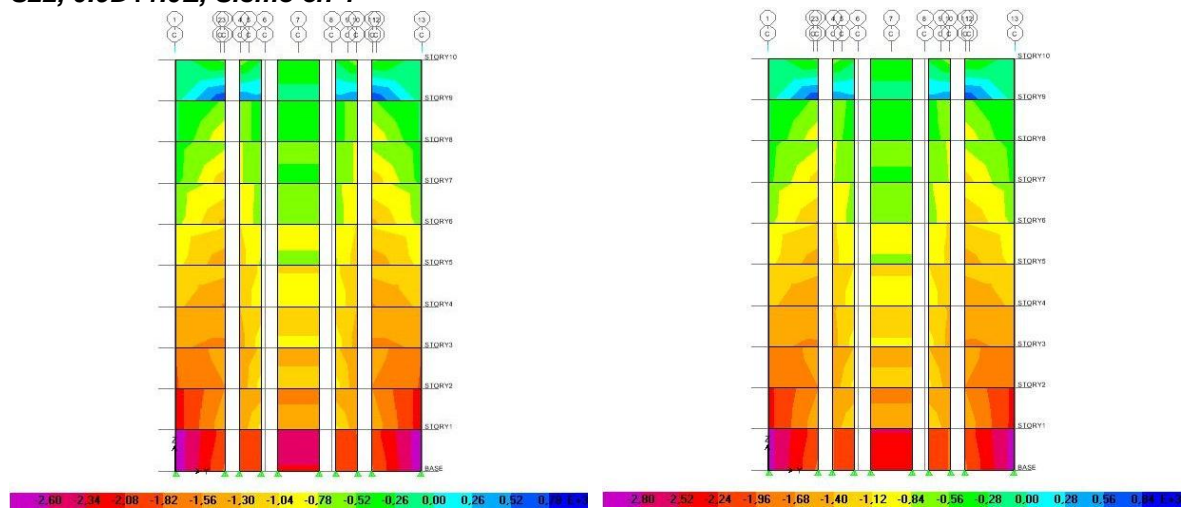


Esfuerzos en el eje C (Edif de 10 pisos).

S22, 0.9D+1.0E, Sismo en X



S22, 0.9D+1.0E, Sismo en Y



S13, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en Y

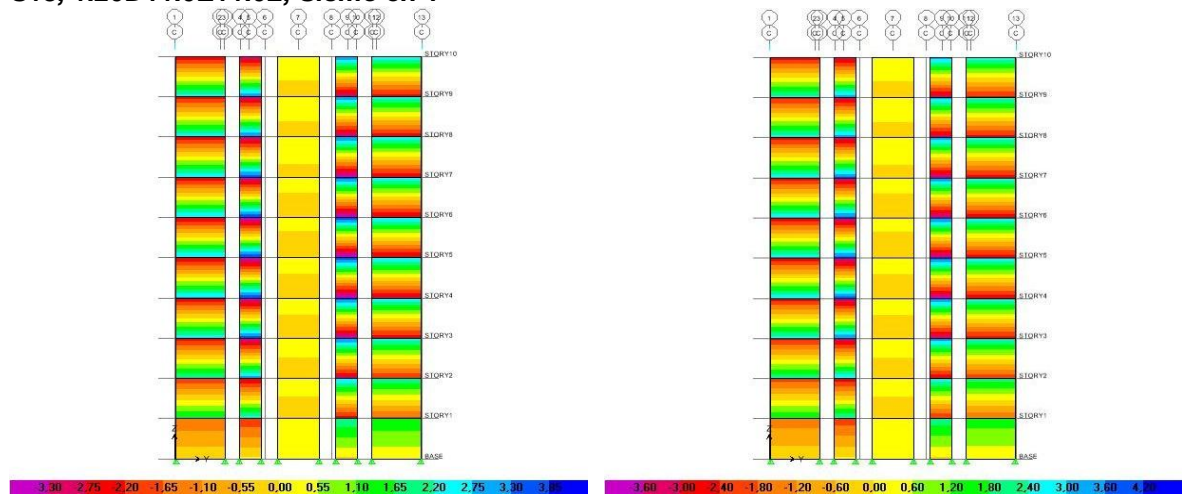
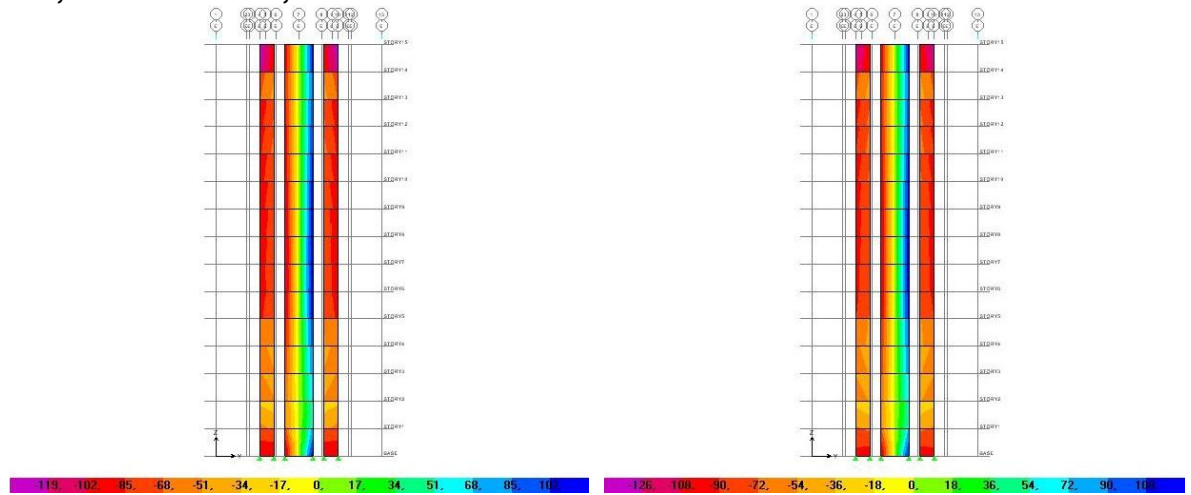
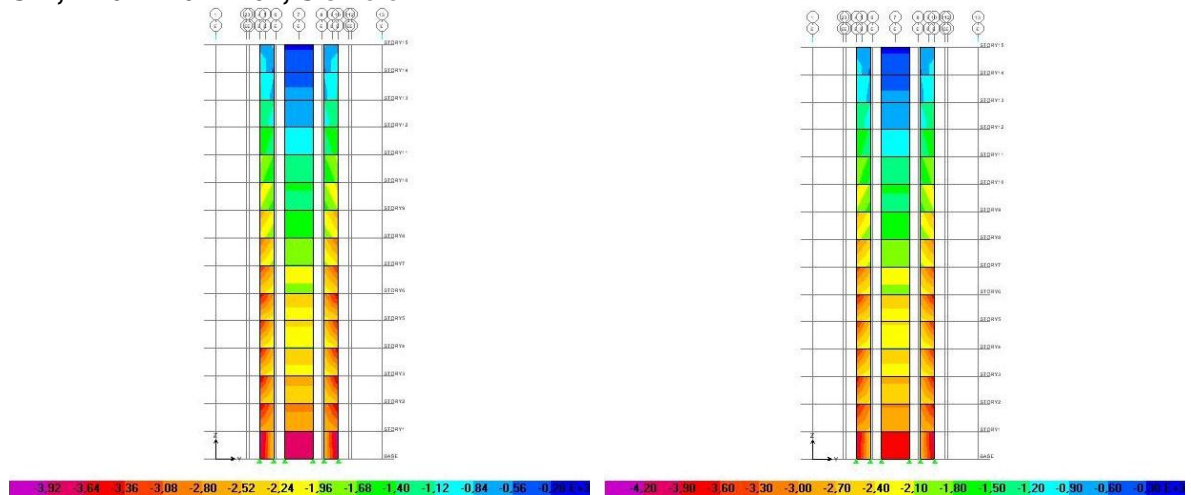


Fig. 26. Esfuerzos en el eje E (Edif de 15 pisos).

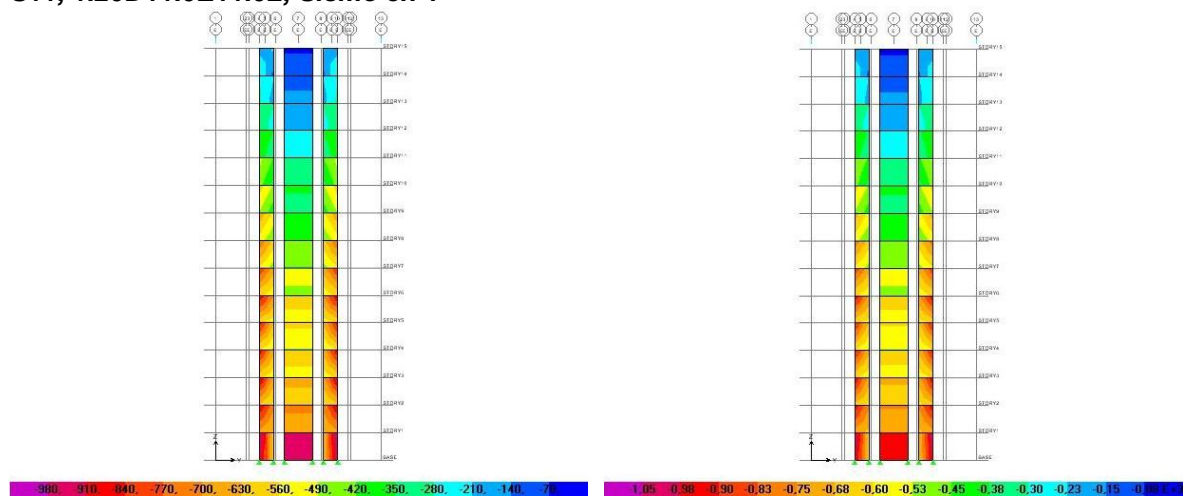
S12, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en X



S22, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en Y

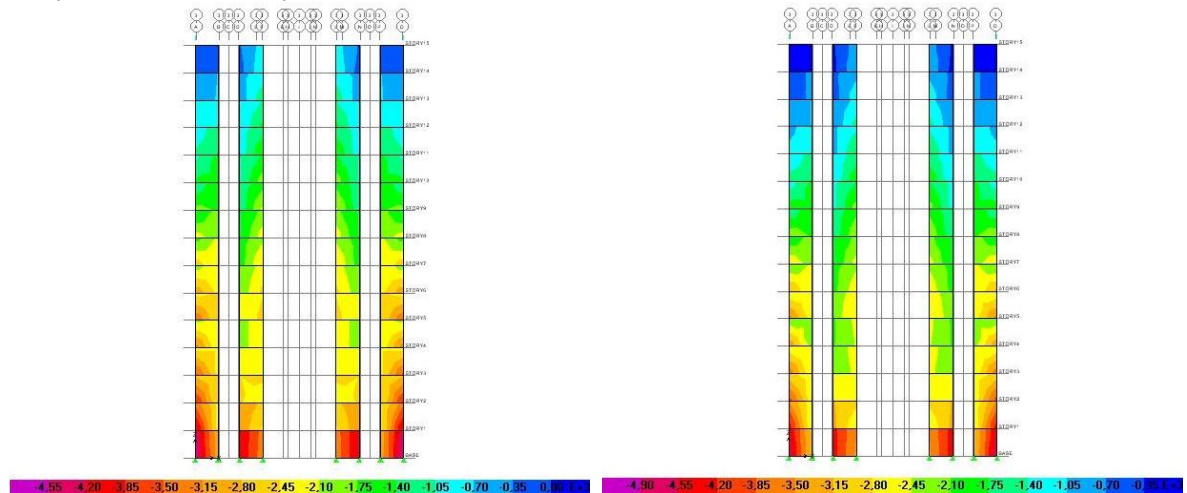


S11, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en Y

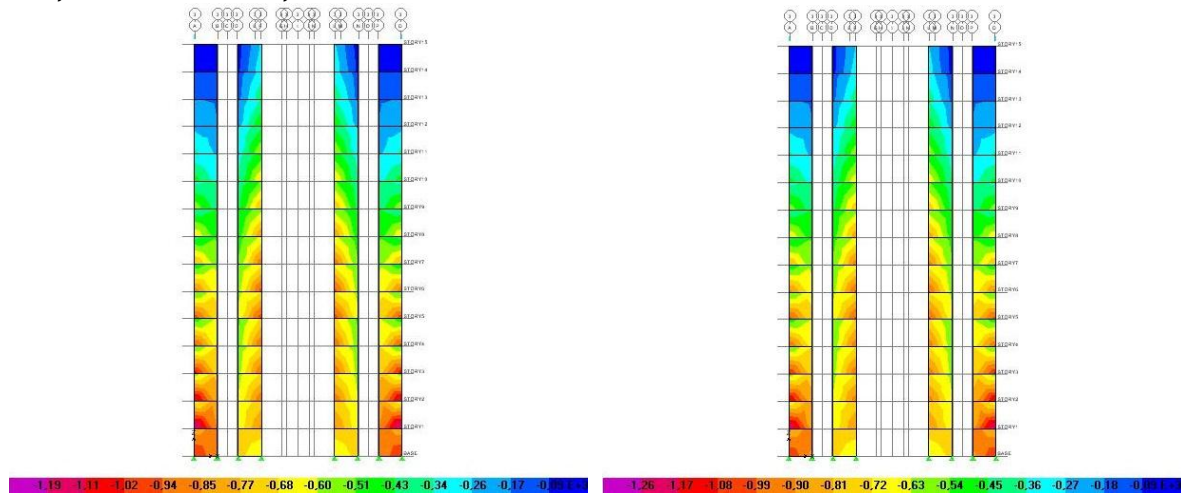


Esfuerzos en el eje 3 (Edif de 15 pisos).

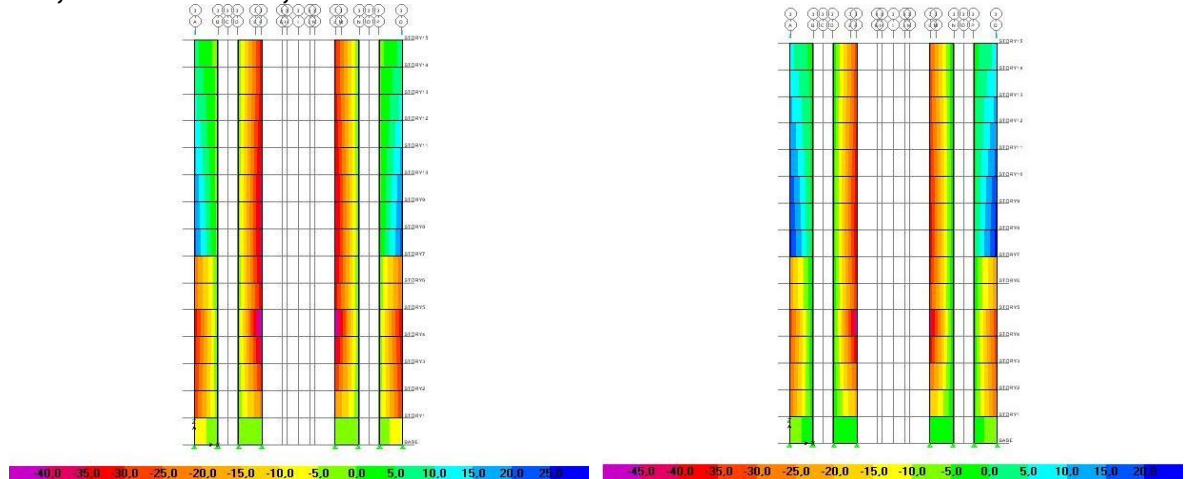
S22, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en X



S11, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en Y

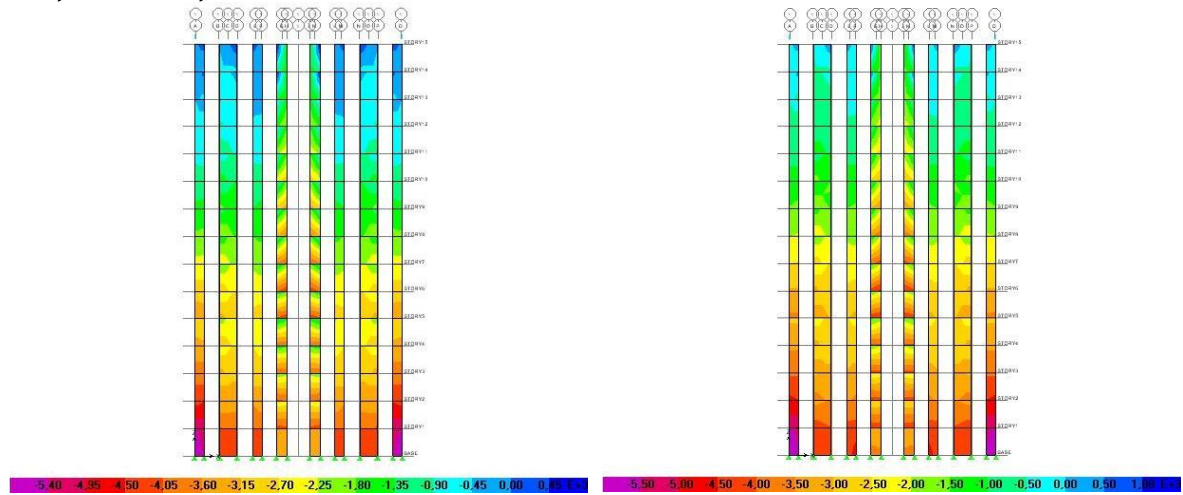


S23, 1.20D+1.0E+1.0L, Sismo en X

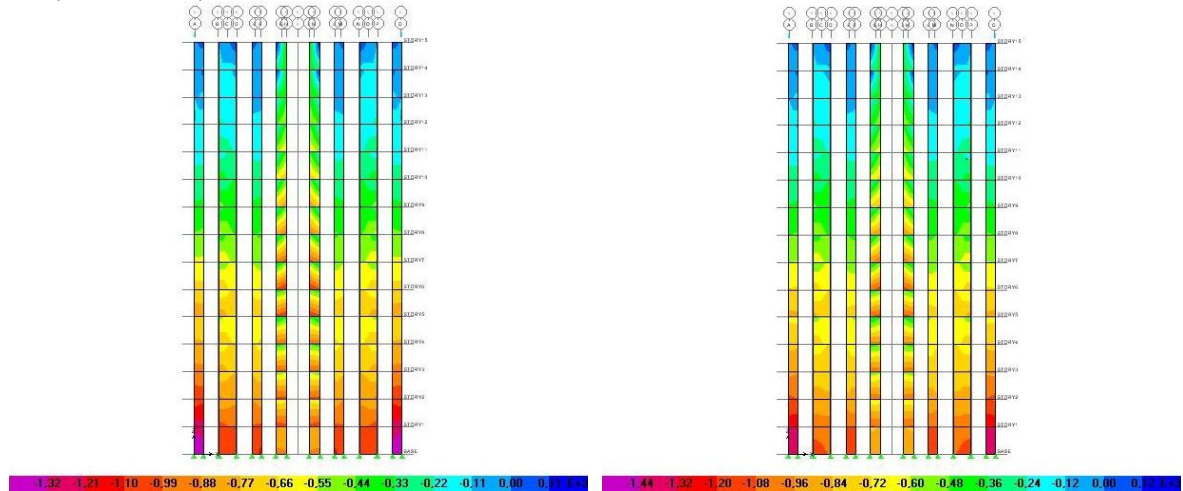


Esfuerzos en el eje C (Edif de 15 pisos).

S22, 0.9D+1.0E, Sismo en Y



S11, 0.9D+1.0E, Sismo en Y



S13, 0.9D+1.0E, Sismo en Y

